



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DETERMINACIÓN DEL RUIDO Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES
EN EL AIRE AMBIENTE GENERADOS POR LOS VEHÍCULOS EN LA
VÍA CUENCA-MOLLETURO Y SU EFECTO EN LA RIQUEZA Y
ABUNDANCIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTORES:

SAMANTHA ESTEFANÍA ORTEGA VÁSQUEZ

C.I. 0105674956

GALO ESTEBAN PLAZA VIVANCO

C.I. 0106510068

DIRECTOR:

BLGO. JULIO DANILO MEJÍA CORONEL, MSc

C.I. 0103638581

CUENCA – ECUADOR

2017



RESUMEN

La carretera Cuenca-Molleturo es una de las principales vías de comunicación entre las provincias de Azuay y Guayas, atraviesa una reserva natural de gran importancia, básicamente por la biodiversidad que alberga. En la presente investigación se determinó el ruido y partículas contaminantes en el aire ambiente generados por los vehículos y su efecto sobre la riqueza y abundancia de las aves de páramo en el Parque Nacional Cajas. Las mediciones fueron ejecutadas de manera perpendicular a la vía, en 7 puntos seleccionados en función de un gradiente altitudinal dentro de un tramo comprendido entre el Control Quinoas y Control Huagrahuma. Las metodologías a utilizar para material sedimentable y niveles de presión sonora fueron basadas en la Reforma del Acuerdo 097 perteneciente al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, para el censo de aves se realizó puntos de conteo y transectos de 250 metros, y para la medición de biodiversidad se empleó el índice de Shannon. Mediante la correlación de Pearson se relacionó variables biológicas (aves), con variables físicas (altura, material sedimentable, ruido), donde se obtuvo relaciones directas e inversas entre las mismas, sin embargo, la mayoría de resultados no mostraron relaciones significativas entre las variables analizadas.

Palabras clave: Parque Nacional Cajas, contaminación del aire, material sedimentable, ruido, aves, Índice de Shannon, Correlación de Pearson.



ABSTRACT

The Cuenca-Molleturo highway is one of the main communication routes between the provinces of Azuay and Guayas. It is a great importance natural reserve, basically due to the biodiversity that it shelters. The present investigation determines the noise and particulate pollutants in the ambient air generated by the vehicles and their effect on the richness and abundance of the birds in Cajas National Park. The measurements were executed perpendicular to the pathway, at 7 points of selection in the function of an altitudinal gradient within a section between the Quinoas Control and Huagrahuma Control. The methodologies to be used for sedimentary material and noise were based on the Reform "Acuerdo 097" pertaining to the Unified Text of Secondary Environmental Legislation of the Environment Ministry, in relation to the census of birds, counting points and transects of 250 meters were performed, and the Shannon index is applied for the measurement of biodiversity. Pearson's correlation was related to biological variables (birds) with physical variables (height, sedimentary material, noise), where direct and inverse relationships were obtained between them however, the majority of results did not show significant relationships between the variables analyzed.

Key words: Cajas National Park, air pollution, sedimentary material, noise, birds, Shannon Index, Pearson Correlation.



CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
AGRADECIMIENTOS	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	13
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Parque Nacional Cajas	13
1.2.1. Generalidades	13
1.2.2. Vegetación	14
1.2.3. Fauna	15
1.2.4. Avifauna	15
1.3. Bioindicadores	15
1.3.1. Definición	15
1.3.2. Capacidad de respuesta de un Bioindicador	16
1.3.3. Requisitos que deben cumplir los Bioindicadores	16
1.3.4. Aves como Bioindicadoras	16
1.4. Ruido, Generalidades	17
1.4.1. Definición	17
1.4.2. Tipos de Ruido	18
1.4.3. Fuentes de Ruido	18
1.4.4. Efectos del Ruido	19
1.5. Material Particulado Sedimentable, Generalidades	19
1.5.1. Definición	20
1.5.2. Fuentes de Material Particulado Sedimentable	20
1.5.3. Efectos del Material Particulado Sedimentable	20
CAPÍTULO II	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1. Área de estudio	21
2.2. Diseño de estudio	22
2.3. Localización geográfica de los puntos de muestreo	23
2.4. Demografía de la Avifauna	23
2.4.1. Registro de Avifauna	24
2.4.2. Métodos de medición a nivel de especies	24



2.5. Medición de los contaminantes atmosféricos	25
2.5.1. Partículas sedimentables	25
2.5.2. Ruido	25
2.6. Revisión de la normativa vigente	27
2.7. Determinación del efecto de la calidad del aire en la avifauna	27
CAPÍTULO III	27
3. Resultados y Discusión	27
3.1. Demografía de la Avifauna.....	27
3.1.1. Curvas de Acumulación de Especies	29
3.2. Contaminantes atmosféricos	31
3.2.1. Partículas sedimentables	31
3.2.2. Ruido	31
3.3. Determinación del efecto de la calidad del aire en la avifauna	32
CAPÍTULO IV	36
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	38
ANEXOS	45
Anexo 1	45
Anexo 2	49
Anexo 3	52
Anexo 4	53
Anexo 5	55
Anexo 6	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.	22
Figura 2. Puntos de muestreo de acuerdo al Perfil Altitudinal.	23
Figura 3. Método de Listas Fijas Lado Derecho de la carretera.	29
Figura 4. Método de Listas Fijas Lado Izquierdo de la carretera.	30
Figura 5. Método Transecto Lado Derecho de la carretera.	30
Figura 6. Método Transecto Lado Izquierdo de la carretera.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas.	23
Tabla 2. Correlación de variables. Método Listas Fijas.	32
Tabla 3. Correlación de variables. Método Listas Fijas. Control Huagrahuma.	33
Tabla 4. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P06.	33
Tabla 5. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P05.	33
Tabla 6. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P04.	33
Tabla 7. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P03.	34
Tabla 8. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P02.	34
Tabla 9. Correlación de variables. Método Listas Fijas. Control Quinoas.	34
Tabla 10. Correlación de variables. Método Transectos.	35



SAMANTHA ESTEFANÍA ORTEGA VÁSQUEZ, autora del Trabajo de Titulación "DETERMINACIÓN DEL RUIDO Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN EL AIRE AMBIENTE GENERADOS POR LOS VEHÍCULOS EN LA VÍA CUENCA-MOLLETURO Y SU EFECTO EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, mayo de 2017

SAMANTHA ESTEFANÍA ORTEGA VÁSQUEZ

C.I: 0105674956



GALO ESTEBAN PLAZA VIVANCO, autor del Trabajo de Titulación "DETERMINACIÓN DEL RUIDO Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN EL AIRE AMBIENTE GENERADOS POR LOS VEHÍCULOS EN LA VÍA CUENCA-MOLLETURO Y SU EFECTO EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, mayo de 2017

GALO ESTEBAN PLAZA VIVANCO

C.I: 0106510068



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

SAMANTHA ESTEFANÍA ORTEGA VÁSQUEZ, autora del Trabajo de Titulación "DETERMINACIÓN DEL RUIDO Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN EL AIRE AMBIENTE GENERADOS POR LOS VEHÍCULOS EN LA VÍA CUENCA-MOLLETURO Y SU EFECTO EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, mayo de 2017

SAMANTHA ESTEFANÍA ORTEGA VÁSQUEZ

C.I: 0105674956



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

GALO ESTEBAN PLAZA VIVANCO, autor del Trabajo de Titulación “DETERMINACIÓN DEL RUIDO Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN EL AIRE AMBIENTE GENERADOS POR LOS VEHÍCULOS EN LA VÍA CUENCA-MOLLETURO Y SU EFECTO EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, mayo de 2017

GALO ESTEBAN PLAZA VIVANCO

C.I: 0106510068



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro director de tesis Blgo. Danilo Mejía, que más que un tutor se ha convertido en un amigo y que con su paciencia, conocimiento y experiencia supo guiarnos para que el proyecto se desarrolle de la mejor manera.

Samantha Estefanía Ortega Vásquez

Agradezco primeramente a Dios por haberme acompañado en este largo camino universitario, por brindarme la fuerza y fe necesaria para no rendirme ante los obstáculos y lograr mis objetivos, por escucharme y ayudarme cuando más lo necesité, gracias por estar conmigo en todo momento Señor, tu eres mi guía.

Le doy gracias a mis padres, Rene y Margarita, que han sido un pilar fundamental en mi vida, son las personas que me han apoyado incondicionalmente, me han guiado y motivado para cumplir mis metas, convirtiéndose en el motor que me empuja a seguir adelante.

A mis hermanos, Renata, Juan Martin y Verónica, que han alegrado mi vida con sus ocurrencias y con cada experiencia compartida, por sus valiosos consejos, por la paciencia y por la verdadera amistad.

Galo Esteban Plaza Vivanco

Primero y sobre todo a Dios por haberme brindado una grandiosa familia. A mis padres Galo y Marisol que con su paciencia y ejemplo me han enseñado lo más importante en la vida que es formarse como persona más allá de los logros que uno consiga, mis hermanas Belén y Tatiana que con sus travesuras alegran cada uno de mis días, Mónica y Paola porque más que mis primas son mis hermanas, mis abuelos Juan, Julia y sobre todo a mi abuelita Lucía que siempre ha estado presente en cada etapa de mi vida, sobre todo cuando más la necesite; a mis tías en especial Patricia que con cada uno de sus consejos supe seguir adelante, a mis primos, a mis padrinos que siempre me apoyaron en todo, mi enamorada Graciela que me brinda su cariño, comprensión e inspiración para seguir con mis objetivos.

A mis amigos, en especial Estefanía, Tamy, Gabriela, Lisseth, Carina, Samy, Luis, que a pesar de haber tenido malos momentos la confianza nunca terminó, gracias por su excelente y verdadera amistad. A la Doc. María Elena Cazar, porque me demostró que más



que una profesora y excelente profesional, es una amiga y sobre todo una persona muy humilde en cada acción que realiza.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Cajas es una reserva natural del Ecuador, la cual aloja gran diversidad de flora y fauna, a su vez, es un ecosistema frágil y sensible a perturbaciones tanto naturales como antropogénicas provocando desequilibrios en el curso normal de vida de las especies que constituyen este importante área ecológica.

Una de las principales alteraciones provocadas por la mano del hombre, es la carretera que une a las provincias de Azuay con el Guayas, específicamente la vía Cuenca-Molleturo, la cual, es una de las vías más importantes de comunicación del país y por la que transitan distintos tipos de vehículos.

Forman, Reineking & Hersperger (2002), afirman que las carreteras y la actividad vehicular, han mostrado consecuencias negativas sobre varios individuos vivos; Cisneros *et al.* (2004) coincide y asegura que las carreteras afectan las conectividades biológicas naturales, provocando que los organismos emigren de sus lugares de origen hacia otras zonas, así mismo, algunos estudios reportan la reducción de abundancia y riqueza de aves cerca de las carreteras (Forman & Alexander, 1998; Fahrig & Rytwinski, 2009). Por otro lado, Reijnen & Foppen (1995) mencionan que los efectos también se producen a distancias alejadas de la carretera, y, que la respuesta de la avifauna varía en función de las especies y paisaje.

La contaminación del aire generada por la circulación del parque automotor de acuerdo al Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca (GAD Municipal, 2015), es la primordial fuente emisora de contaminación atmosférica, la cual influye sobre la calidad del aire del Parque Nacional, sin embargo, esto no solo se debe a la acumulación de partículas sino también al ruido, provocando interferencia en la comunicación de las aves, las mismas que utilizan el aire para emitir sus cantos y llevar consigo varias funciones entre estas el reconocimiento, la defensa de su territorio y la selección sexual, por ende se ven obligadas a cambiar sus patrones de comunicación alterando su comportamiento normal (Pacheco & Losada, 2015). Kociolek & Clevenger (2011), utilizan aves como indicadores de las condiciones ambientales provocadas por los efectos de las carreteras pavimentadas; BirdLife International (2005), también recomienda su uso como variables biológicas.

Machado & Samaniego (2012) mencionan que la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), define a un área protegida como aquel lugar en el que se protege y mantiene la diversidad biológica y los recursos naturales, además la clasifica en 5 categorías, entre ellas los Parques Nacionales, los cuales aseguran el mantenimiento de los



procesos ecológicos. Por esta razón, es necesario estudiar la influencia del tráfico vehicular sobre este ecosistema especialmente en la avifauna del Parque Nacional Cajas, el cual cuenta con altos niveles de biodiversidad y endemismo (Astudillo et al. 2014).

Para la presente investigación se planteó como hipótesis: Las variables físicas, como material sedimentable y ruido producto de la circulación vehicular en la carretera Cuenca-Molleturo, se podrían encontrar relacionadas con la biodiversidad de aves, afectándola de manera negativa a través de la reducción de individuos.

El objetivo general de este estudio es:

- Determinar la calidad del aire en la carretera que atraviesa el Parque Nacional Cajas y su efecto en la riqueza y abundancia de la avifauna.

En cuanto a los objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Evaluar el nivel de presión sonora y la concentración de partículas sedimentables en 7 puntos del tramo comprendido entre el Control Quinoas y Control Huagrahuma.
- Cuantificar la riqueza y abundancia de la avifauna cercana a la vía.
- Relacionar la riqueza y abundancia de la avifauna, en función de la calidad del aire y ruido en la carretera Cuenca - Molleturo.

Con este estudio se espera dar a conocer la problemática ambiental generada por las carreteras sobre la biodiversidad en los ecosistemas naturales, así mismo, se busca incentivar el desarrollo de futuras investigaciones en Áreas Protegidas, las cuales constituyen hábitats irremplazables de vida silvestre y finalmente buscar soluciones frente a la magnitud de los efectos ocasionados por la influencia de las vías.



CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes

Los páramos constituyen una fuente de biodiversidad única, esto se debe gracias a su estratégica ubicación en la zona ecuatorial y la cordillera de los Andes, así mismo por la influencia de la Región Amazónica y las corrientes oceánicas tanto cálidas como húmedas. En Ecuador, este ecosistema cubre 1'250'000 ha que representan el 6% del territorio ecuatoriano (Pinos, 2015; Medina & Mena, 2001).

De acuerdo con Mena (2009), tanto la flora como la fauna de estos ecosistemas presentan un elevado grado de endemismo y han desarrollado adaptaciones especiales que corresponden únicamente a cada especie, pues se han visto afectada por las actividades humanas que se realizan en la zona, entre ellas la introducción de nuevas especies, quema de vegetación, avance de la frontera agrícola y la construcción de carreteras lo resalta Hofstede *et al.* (2002).

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre en su Art. 67 clasifica a las áreas naturales del Estado Ecuatoriano en las siguientes categorías: Parques Nacionales, Reserva Ecológica, Refugio de Vida Silvestre, Reservas Biológicas, Áreas Nacionales de Recreación, Reserva de producción de fauna y Área de caza y pesca.

Acorde al Art. 107 de la ley mencionada anteriormente, se considera como Parque Nacional al ecosistema que reúne los siguientes requisitos: una extensión mínimo de 10'000 hectáreas, variedad única de plantas y animales, hábitats de importancia para la ciencia, educación y recreación, los cuales deben permanecer lo menos alterados posibles manteniendo su condición natural.

El Ministerio del Ambiente (2015) indica que Ecuador posee 11 Parques Nacionales, dentro de los cuales encontramos al Parque Nacional Cajas que por medio de la resolución N°. 057 dictada el 5 de noviembre de 1996, pasó de la categoría de Área Nacional de Recreación a Parque Nacional (Pinos, 2015).

1.2. Parque Nacional Cajas

1.2.1. Generalidades

El Parque Nacional Cajas se encuentra ubicado al sur del Ecuador, en la provincia del Azuay, cantón Cuenca. Aproximadamente 3096.28 hectáreas del Parque Nacional Cajas



corresponden a humedales, que sirven de fuente de agua para abastecer a la población azuaya contando con un sistema lacustre formado por 786 cuerpos de agua, de los cuales 235 son lagunas, entre las más importantes se destacan la laguna Toreadora, Mamamag, Osohuaycu y Cascarillas, cuenta también con tres cuencas hidrográficas pertenecientes a los ríos Balao, Cañar y Paute, y quince Micro Cuencas (Llerena & Sánchez, 2015).

El clima del Parque Nacional Cajas, no se encuentra marcado en un rango específico, pues está variando constantemente, sin embargo, se pueden establecer dos épocas lo afirma Tapia *et al.* (2013), el verano que va desde agosto a enero cuyas temperaturas durante la noche son de 8 °C y de 12 °C a 18 °C durante el día; y el invierno que va desde febrero a julio, en donde la temperatura alcanza niveles que van desde los -2 °C hasta un máximo de 10 °C. En cuanto a las precipitaciones de la zona, se han registrado valores desde los 1200 mm a 2000 mm de lluvia por año.

1.2.2. Vegetación

Llerena & Sánchez (2015), mencionan que la vegetación está representada principalmente por el bosque de *Polylepis*, de los cuales 5 especies de 11 registradas en el Ecuador, se encuentran dentro del Parque Nacional Cajas, entre estas tenemos *Polylepis weberbaueri*, *Polylepis reticulata*, *Polylepis lanuginosa*, *Polylepis incana* y *Polylepis sp.* También se cuenta con registros de alrededor de 572 especies de plantas repartidas en 266 géneros y 93 familias, siendo las más importantes las plantas vasculares. Además existen 4 tipos de formaciones vegetales: Bosque de neblina montano, Bosque siempre verde montano alto, Páramo herbáceo y Herbazal lacustre montano.

- Bosque de neblina montano: Se encuentra ubicado al oeste de la reserva natural, entre los 2900 y 3350 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), forma parte de las microcuencas del Jerez y Yacutuviana, la vegetación se encuentra distribuida sobre pendientes elevadas y bordes de quebradas y riachuelos.
- Bosque siempre verde montano alto: Se encuentra ubicado al este de la reserva natural, entre los 2900 y 3400 m.s.n.m., cubriendo microcuencas en las zonas de Llaviuco y Mazán.
- Paramo herbáceo: Más conocido como pajonal, es el que se encuentra en mayor proporción, ocupando las microcuencas y repartido de una manera homogénea en forma de penachos.
- Herbazal lacustre montano: Su distribución es más limitada, sin embargo poseen un elevado endemismo, se localizan en las riberas de las lagunas, en forma de monocotiledóneas.



1.2.3. Fauna

En cuanto a la fauna, el Parque Nacional Cajas aloja una gran diversidad de especies animales alojando alrededor de 18 especies de anfibios, 5 especies de reptiles, 44 especies de mamíferos que representan el 37%, 48% y 77% del piso andino respectivamente lo afirma Pinos (2015). Además, se debe destacar que en esta área se cuenta con 150 especies de aves de las cuales 6 especies son endémicas, localizadas solamente en dos regiones: Páramo de los Andes Centrales y Andes Centrales de Sur, también se encuentran 9 especies de aves amenazadas a nivel nacional y 6 especies amenazadas a nivel global (Tinoco & Astudillo, 2007).

En esta zona es muy importante la conservación de especies, pues el valor de la diversidad no está ligado con el número de individuos sino con la composición de especies únicas (Tinoco & Astudillo, 2007). Entre las especies de mayor importancia dentro de esta área ecológica protegida se tiene: el cóndor, gavián, gaviota, lechuza y mamíferos como la danta, guatusa, oso de anteojos, puma y venado (Llerena & Sánchez, 2015).

1.2.4. Avifauna

El Parque Nacional Cajas es considerado como un área de gran riqueza principalmente por la variedad de aves que posee, a más de esto presenta las condiciones ambientales ideales que han permitido la adaptación y evolución de diferentes especies las cuales solo se las puede encontrar en este lugar, por lo tanto, el Parque Nacional Cajas es considerado como un refugio que no puede ser reemplazado y mediante el cual, se puede conservar las especies de aves tanto de páramo como de bosque montano alto. Dentro de esta área natural se encuentran especies con un alto grado de riesgo, las mismas que buscan protección en el Parque, especialmente en los lugares que no se encuentran degradados, especies como Picocono Gigante (*Oreomanes fraseri*) y Xenodacnis (*Xenodacnis parina*) ocupan estos páramos, principalmente los bosques de quinua para poder sobrevivir. BirdLife Internacional (2005), organización dedicada a la protección de las aves y sus hábitats, nombró al Parque Nacional Cajas como IBA (área importante para la conservación de aves) considerándolo como un sitio de mayor necesidad de atención frente a otros lugares para evitar la pérdida de biodiversidad en la zona (Tinoco & Astudillo, 2007).

1.3. Bioindicadores

1.3.1. Definición

Capó (2011) define a los bioindicadores como aquellos organismos o comunidades en los que su existencia, características estructurales, funcionamiento y reacciones dependen del medio en que se desarrollan y si existe una modificación en las condiciones ambientales pueden llegar a modificarse, es decir, son especies sensibles a los cambios ambientales.



1.3.2. Capacidad de respuesta de un Bioindicador

Esto depende de varios factores según menciona Capó (2011): la composición genética del organismo, el cual puede favorecer o no a la adaptación de los cambios producidos en el ambiente; su estado de desarrollo, siendo un organismo adulto más resistente que uno joven; y finalmente va a depender de las propias condiciones ambientales, influyendo el tiempo de adaptabilidad y de respuesta de un organismo vivo.

1.3.3. Requisitos que deben cumplir los Bioindicadores

De acuerdo a Capó (2011):

- Debe dar respuesta de interés para el ecosistema que sea objeto de estudio.
- Debe dar respuestas diferentes ante distintos estímulos.
- Tener límites de tolerancia estrechos respecto a variables ambientales.
- Deben ser fáciles de muestrear.
- Que tengan un tiempo de vida larga para que las respuestas se puedan manifestar.

1.3.4. Aves como Bioindicadoras

Chicaiza & Tapia (2016) aseguran que la fauna, son los bioindicadores más utilizados para detectar cambios en el ambiente, pues los mismos se asocian a los cambios de estación y los cambios que se dan diariamente como la temperatura. Furness & Greenwood (1993) por su parte, indican que para detectar la contaminación del aire se lo puede llevar a cabo por medio de plantas y una gran variedad de animales terrestres.

Un ejemplo de bioindicador puede ser las alteraciones en la conducta de los organismos, como el proceso migratorio de diversas especies de aves desde Norteamérica (Chicaiza & Tapia, 2016); Tinoco & Astudillo (2007) mencionan a las especies Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*), Andarríos Coleador (*Actitis macularia*), Playero de Baird (*Calidris bairdii*), como ejemplos de aquello, estas llegan al Parque Nacional Cajas en distintos meses del año. Furness & Greenwood (1993) confirman lo dicho anteriormente, sin embargo, adicionan que el hábito migratorio de la avifauna puede hacerlas menos adecuadas para actuar como bioindicadoras, debido a que los individuos difieren en sus migraciones en grado incierto, dificultando la escala espacial que representan y por ende confundiendo algún programa de monitoreo basado en un sitio específico de muestreo, también agregan que la mayoría de aves parecen ser buenas indicadoras de cambios generales en la calidad y cantidad de los hábitats.

Por otro lado, Takushi (2011) menciona en su estudio que *Phrygilus unicolor* es una especie indicadora que sirve como modelo para comprender el comportamiento de otras aves, mientras que Ochoa (2014) indica que las aves son bioindicadoras de contaminación



ambiental por metales pesados, esto porque considera que ellas están ampliamente distribuidas, presentan un periodo de vida largo y son sensibles a cambios atmosféricos del ambiente.

1.4. Ruido, Generalidades

A pesar de la importancia del Parque Nacional Cajas, existen factores que han llevado a la modificación de este ecosistema y la respuesta que presenta frente a la contaminación ambiental comienza con cambios en el nivel de la población, sin embargo, estos cambios empiezan con la respuesta de los organismos más sensibles en los diferentes niveles tróficos los cuales han sido asociados con las variaciones en la estructura y función de los ecosistemas (Grantz *et al.*, 2003).

Uno de estos factores es la infraestructura vial, varios autores como Marten & Marler (1977), Arévalo & Newhard (2010), Huijser & Bergers (2000), Forman *et al.* (2003), Arroyave *et al.* (2006), Coffin (2007), afirman que esto conlleva a efectos ecológicos tales como; la alteración del ciclo hidrológico, dispersión de especies exóticas, disminución de las poblaciones de especies de flora y fauna nativa, producción de material particulado y ruido, pérdida de hábitat y una fragmentación de la misma, representando una barrera física para muchas especies de animales. Jaeger *et al.* (2005) propone que las distintas especies de animales pueden presentar tres respuestas de comportamiento con respecto a las calzadas: a) evitando la superficie de la misma b) evitando las perturbaciones como el ruido, luces, las emisiones del tráfico, y c) la habilidad de los animales de moverse fuera de la trayectoria del vehículo. Esto a pesar de que reduce la mortalidad de la fauna, implica no permitir acceder a otros hábitats y por ende a recursos que se encuentren en el otro lado de la vía (Fahrig & Rytwinski, 2009).

Las carreteras y el tráfico de acuerdo a Reijnen & Foppen (1995) y Forman & Alexander (1998), también generan efectos tales como contaminación por gases de combustión emitidos desde tubos de escape, mortalidad de animales, ruido excesivo, turbulencia del viento y la vibración del suelo. No obstante, si se llega a un aumento del tráfico, se incrementarían los niveles de ruido que lleva a una disminución de especies en especial aquellas que dependen de las señales acústicas, tales como las aves (Reijnen & Foppen, 1995; Marten & Marler, 1977; Rheindt, 2003).

1.4.1. Definición

Por definición el ruido es un sonido no deseable que constituye una molestia para los individuos afectados llegando a los mismos por vías como el aire y agua. La unidad de medida de ruido es el decibel (dB) (Saquisilí, 2015). Por su parte, Vallejo *et al.* (2016)



especifica que el ruido ambiental urbano es provocado por la necesidad de las personas de trasladarse a otros sitios y con ello generar un flujo vehicular.

1.4.2. Tipos de Ruido

Entre los tipos de ruido (Ministerio del Ambiente, 2015) se tienen:

- Específico, el cual es emitido ya sea por una FFR o FMR y se evalúa por medio del Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (L_{Keq}).
- Residual, que existe en el ambiente y donde se da una ausencia del ruido específico al momento de la medición.
- Total, que es la suma de ruido específico y residual.
- Impulsivo, que se caracteriza por ser breves incrementos importantes de la presión sonora, estos tienen una duración generalmente inferior a 1s.

Saquisilí (2015) también menciona:

- Ruido continuo, que se manifiesta de manera ininterrumpida por más de 5 minutos.
- Ruido fluctuante, el cual varía a lo largo del tiempo.
- Ruido intermitente, en donde los niveles de presión sonora varían entre unos límites y de manera constante.

1.4.3. Fuentes de Ruido

De acuerdo a la Asociación Chilena de Municipalidades y col (1995) las fuentes más importantes de emisión de ruido son las Antropogénicas como: actividades industriales y de construcción, lugares de recreación, grandes vías de comunicación, medios de transporte destacando al tráfico vehicular, básicamente por el ruido del motor y el roce causado por el contacto del vehículo en la calzada. Mientras que las fuentes Naturales como lluvia, viento, fenómenos meteorológicos, entre otros, también tienen afección en los niveles de ruido aunque en menor proporción con respecto a las fuentes antropogénicas (Xunta de Galicia, 2012).

Para el presente estudio, según la Reforma del Acuerdo 097 (Ministerio del Ambiente, 2015), se tienen tres tipos de fuentes:

- Fuente Emisora de Ruido (FER), que es toda actividad que genere ruido al ambiente, en donde se incluye el proveniente de seres vivos.
- Fuente Fija de Ruido (FFR), que es aquella fuente situada dentro de los límites físicos en un predio ubicado en un lugar determinado.
- Fuente Móvil de Ruido (FMR), entendida como todo tipo de vehículo motorizado. Si la FMR se encuentra entre los límites de una FFR se la considera FER.



1.4.4. Efectos del Ruido

Arevalo (2009) señala que los elevados niveles de ruido afectan a la comunidad de aves, incidiendo en la disminución de especies, principalmente de aquellas que utilizan los cantos para comunicarse. De igual manera, Pacheco & Losada (2015) afirman que el ruido influye en la variación de las vocalizaciones y a su vez provoca errores en la comunicación de las aves, mencionan que la respuesta de algunas especies es aumentar la frecuencia de su canto, por lo tanto, interfiere en su comportamiento normal. Slabbekoorn & Peet (2003) indican que las aves urbanas se han adaptado satisfactoriamente a los niveles de ruido altos, sin embargo, la mayoría de aves son sensibles lo afirman Kaseloo & Tyson (2004).

1.5. Material Particulado Sedimentable, Generalidades

La contaminación del aire provocada por fuentes naturales como la erosión, y la actividad antropogénica como la combustión, procesos industriales y el transporte, es un aspecto estudiado internacionalmente debido a los distintos daños que ocasiona, siendo uno de los problemas ambientales de mayor importancia como lo testifica Lozano (2010). Estas actividades generan sustancias que van a la atmósfera y se difunden dependiendo de los factores meteorológicos del lugar, ocasionando contaminación en el mismo y produciendo daños al ser humano y al medio ambiente en general (Lozano, 2010; Astudillo & Vázquez, 2006).

Montero (2011) por su parte, coincide y afirma que los contaminantes liberados a la atmósfera dependen de la meteorología de la zona y que estos pueden ser transportados tanto horizontal como verticalmente, e incluso por ambas al mismo tiempo. El transporte vertical se da por una diferencia de presión, densidad, temperatura y la carga de fricción, estos varían de acuerdo a la altura, decreciendo cuando esta aumenta y por ello aumentando la velocidad del viento; en cambio el horizontal se da por gradientes de presión producto de los grados de insolación en la atmósfera terrestre y que buscan el equilibrio gracias al movimiento del aire (Montero, 2011).

En la actualidad, en Ecuador los combustibles fósiles (hidrocarburos) son los de mayor uso por parte de la mayoría de vehículos, siendo los principales la gasolina y diesel. Estos en una buena combustión producen dióxido de carbono y agua, sin embargo, si se les adiciona aditivos artificiales y sumado a una combustión incompleta producto de los motores ineficientes causan otros contaminantes liberados a la atmósfera. Esto ha llevado a cambios en la calidad del aire con impactos tanto a los organismos sensibles, como al funcionamiento de los ecosistemas (Vallejo et al., 2016; Davenport & Davenport, 2006).



1.5.1. Definición

Entre los contaminantes del aire se encuentra el Material Particulado Sedimentable (MPS), Montero (2011), lo definió como un conjunto de partículas, ya sean líquidas (sin contar con el agua pura) y sólidas presentes en la atmósfera; estas últimas dependiendo de su composición, tamaño, nivel de lluvias, entre otros generalmente permanecen suspendidas poco tiempo para luego precipitarse con facilidad (Lozano, 2010). El material particulado sedimentable contiene partículas primarias (producto de disgregación) y secundarias, que son generadas por la reacción de óxidos de nitrógeno y azufre con carbonatos (Minguillón, 2007).

1.5.2. Fuentes de Material Particulado Sedimentable

Lozano (2010) y Montero (2011) hacen referencia sobre las fuentes existentes, siendo estas: Fuentes Naturales y Fuentes Antropogénicas.

- Fuentes Naturales: Factores como el polvo superficial, erosión del suelo, incendios forestales, desechos de plantas.
- Fuentes Antropogénicas: Comprenden las fuentes Fijas como las actividades de construcción y fuentes Móviles por los vehículos en donde se dan los procesos de combustión.

Los vehículos son considerados la principal fuente de partículas sedimentables que se liberan a la atmósfera, especialmente la combustión de diésel en camiones y autobuses (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2010; Lozano, 2010), en los cuales las partículas se crean a partir de la formación de zonas de baja temperatura y zonas de baja disponibilidad de oxígeno durante el proceso de combustión, de igual manera la calidad de la misma dependerá de diferentes factores como la inyección del combustible, características del mezclado entre combustible y aire, y presencia de combustible y aceite lubricante en las paredes de la cámara de combustión del vehículo automotor (Rojas, 2004).

1.5.3. Efectos del Material Particulado Sedimentable

Entre los efectos del MPS, se tienen la alteración de los elementos del suelo, alteración en las propiedades fisicoquímicas del agua, afectando tanto a la flora como a la fauna, en estos últimos va a depender de la especie y su capacidad de sensibilidad; además los efectos podrían variar de acuerdo a la concentración y presencia de más de un contaminante (Lozano, 2010; Martín, 2005).

Cisneros *et al.* (2004), asegura que las carreteras juegan un papel importante debido a las alteraciones generadas en los lugares donde se encuentran, por lo tanto la vía Cuenca-Molleturo se convierte en un escenario que reúne la mayoría de impactos producto de la actividad vehicular, ideal para desarrollar esta investigación.



CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo exploratorio y correlacional, en la que se realizó un inventario de aves y se tomaron muestras de material sedimentable y niveles de presión sonora, a partir de los cuales se obtuvieron datos cuantitativos, que permitieron correlacionar las variables mencionadas anteriormente con la avifauna del Parque Nacional Cajas.

2.1. Área de estudio

El Parque Nacional Cajas se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, a 34km de distancia de la ciudad de Cuenca, ocupando una área de 28'544 ha al sur de la Cordillera de los Andes, y cuya altitud oscila entre los 3160m a los 4445m (Astudillo et al., 2014). El estudio se ejecutó dentro del Parque, en la carretera Cuenca-Molleturo que cuenta con una distancia de 12.8 km entre el control Quinoas de coordenadas 2° 47' 5.2'' S y el control Huagrahuma de coordenadas 79° 11' 35.2'' O (Figura 1).

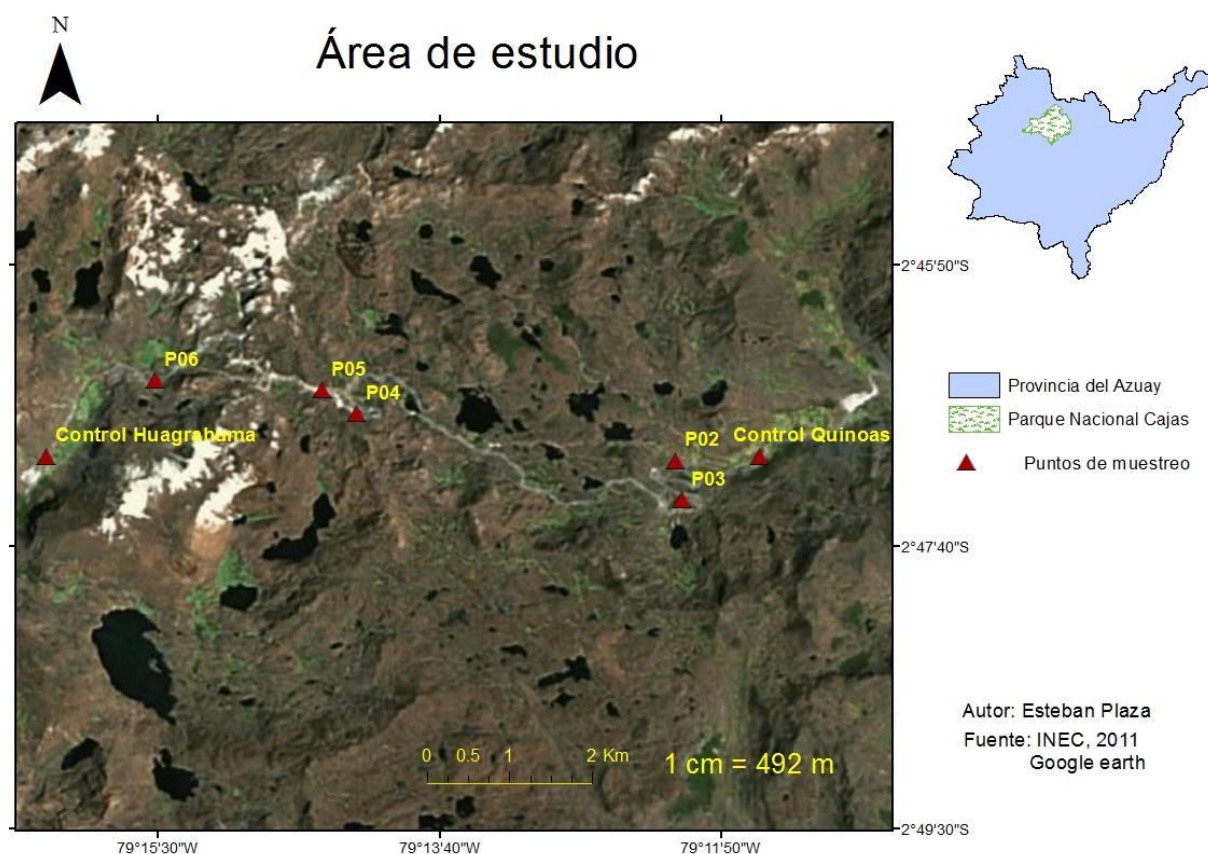


Figura 1. Área de estudio.

2.2. Diseño de estudio

Para la ubicación geográfica de los puntos de muestreo se utilizó un GPS marca Garmin eTrex y el programa Google earth, en cuanto a la selección de puntos se tomaron en cuenta los criterios de gradiente altitudinal y zonas de vida para las aves. En el primer caso, las variantes altitudinales están entre los límites de 3663 m.s.n.m. (Control Quinoas), 4160 m.s.n.m. (Sector Tres Cruces) y 3812 m.s.n.m. (Control Huagrahuma); el tramo fue dividido cada 100 metros aproximadamente de acuerdo a la altitud de la zona como se indica en la (Figura 2).

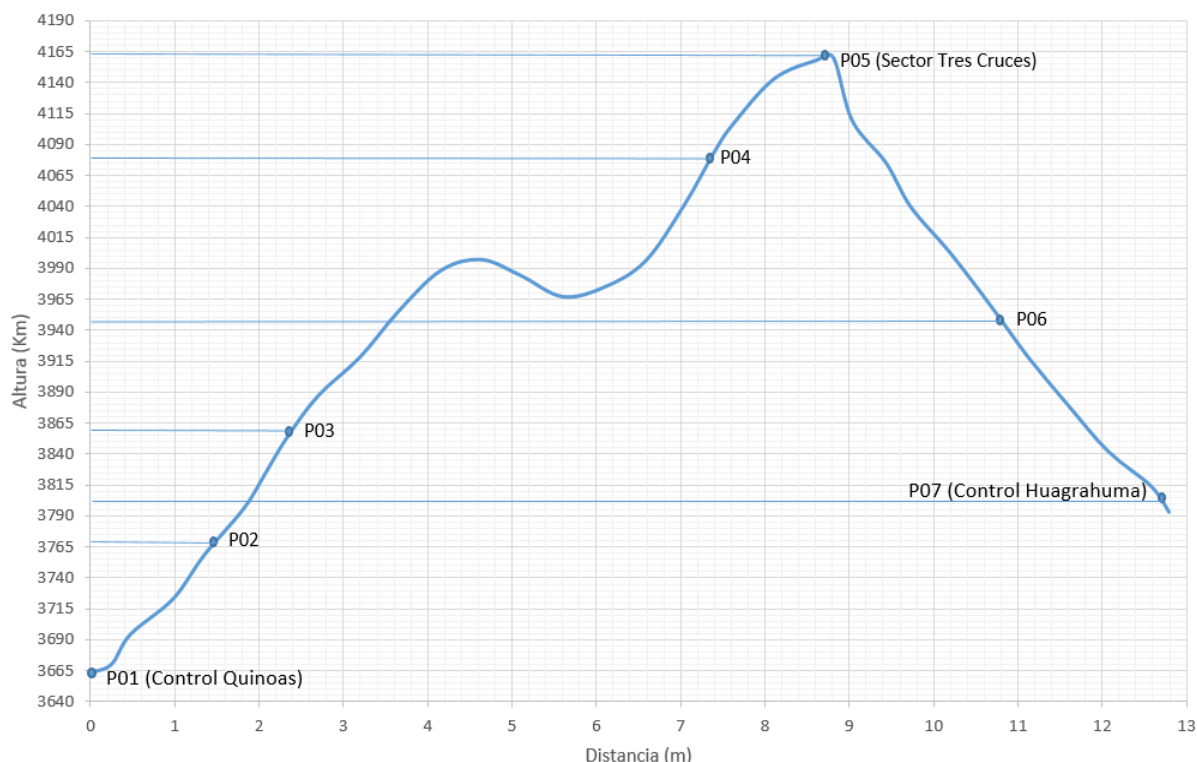


Figura 2. Puntos de muestreo de acuerdo al Perfil Altitudinal.

2.3. Localización geográfica de los puntos de muestreo

El monitoreo se llevó a cabo en 7 puntos de muestreo dentro del área de estudio, la ubicación de los mismos se detallan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas Geográficas.

Punto	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
P01	2° 47' 4.73" S	79° 11' 35.02" W
P02	2° 47' 6.48" S	79° 12' 7.86" W
P03	2° 47' 21.83" S	79° 12' 5.31" W
P04	2° 46' 48.18" S	79° 14' 12.54" W
P05	2° 46' 38.82" S	79° 14' 25.98" W
P06	2° 46' 35.16" S	79° 15' 30.96" W
P07	2° 47' 4.65" S	79° 16' 13.54" W

2.4. Demografía de la Avifauna

La recopilación de información de la riqueza y abundancia de la avifauna del Parque Nacional Cajas se llevó a cabo *in-situ* mediante dos metodologías, la primera denominada Puntos de Conteo, (Ralph et al., 1996), en el que se estableció puntos fijos de monitoreo, considerando las distancias y coordenadas geográficas de cada punto, para el presente estudio los puntos se encuentran ubicados de manera perpendicular a la vía, es decir, a ambos lados de la carretera y a diferentes distancias de la misma, a 50 m, 150 m y 250 m, completando un total de 40 puntos de muestreo. La segunda metodología usada fue la de



Transectos Lineales, descrita por (Mikol, 1980), en el que se estableció transectos a lo largo de los senderos en donde se pretendió realizar el censo de las aves, el número de transectos fue de 14 y la longitud de los mismos fue de 250 metros. Para el registro de aves en las dos metodologías descritas anteriormente, se realizaron Listas de 5 especies (L5), en las que se procedió a anotar las especies de aves de manera visual y auditiva hasta el completar el número de la lista, en este caso 5 especies, así se pudo estimar la abundancia absoluta de acuerdo al número de veces que reincide una especie en todas las L5 generadas, se debe tener en cuenta que una misma lista no se puede repetir ninguna especie (Astudillo et al., 2014).

2.4.1. Registro de Avifauna

A partir de las 06h30 am hasta las 10h30 am, horario en el que las aves muestran mayor actividad, se detallaron características de la avifauna como: tamaño del ave desde la punta del pico al extremo de la cola, color de plumaje tanto dorsal como lumbar, color de la cabeza, cuello, pico y patas; el canto y los hábitats en los que se desarrollan (Pajonal, Almohadillas, Fuentes Hídricas, Bosque Montano, Matorrales y Bosque de Polylepis). Para las especies de aves observadas se utilizó la Guía de campo de aves del Parque Nacional Cajas (Tinoco & Astudillo, 2007), mientras que para las especies registradas de manera auditiva se utilizó los cantos de las aves del Ecuador (Coopmans et al., 2004).

2.4.2. Métodos de medición a nivel de especies

2.4.2.1. Medición de la Riqueza

La riqueza específica (S) de la comunidad de aves, se obtuvo de una forma sencilla, basada únicamente en el número total de especies nuevas presentes en cada lista (L5) registradas con anterioridad, en este método no se toma en cuenta el valor de importancia de las especies, pero si el tamaño de la muestra (Moreno, 2001). Para calcular el esfuerzo de muestreo se realizaron curvas de acumulación de especie, permitiendo dar fiabilidad al inventario biológico.

2.4.2.2. Medición de la Diversidad y Abundancia

Una vez obtenida la Riqueza específica, se procedió a calcular la abundancia total (número total de aves) y la abundancia relativa, las cuales sirven como base para la medición de Diversidad, en la cual se aplicó el índice de Shannon – Wiener, siendo el más conveniente de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente.

Índice de Shannon-Wiener

$$H' = -\sum p_i * \ln p_i$$



Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001).

2.5. Medición de los contaminantes atmosféricos

2.5.1. Partículas sedimentables

Para determinar la concentración de material sedimentable se aplicó el método gravimétrico mediante captación de partículas en envases abiertos descrito en la Reforma del Acuerdo 097, Anexo 4: Norma de Calidad del Aire Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015). Se ocuparon envases de 16.2 cm de diámetro, ubicados a una altura de 1.4 metros sobre el nivel del suelo, estos fueron colocados durante dos ciclos en los meses de Septiembre a Octubre y de Octubre a Noviembre por un lapso de 30 días continuos en cada punto de muestreo identificados anteriormente, con 20 ml de agua destilada (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.5.1.1. Preparación de Material Sedimentable

Una vez finalizado el periodo de muestreo se procedió a transportar los envases al Laboratorio de Análisis Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, se determinó la concentración de MPS, clasificándolas en partículas solubles e insolubles. Las partículas insolubles se analizaron a través de la diferencia de peso ganado por un filtro de 47 mm, mientras que las partículas solubles se analizaron a través de la diferencia de peso ganado por un crisol, en estos dos casos se utilizó el líquido de lavado del envase. Mientras que la concentración total de partículas fue la suma de partículas insolubles y solubles, normalizadas con respecto al área total de captación del envase.

Fórmula para corregir datos:

$$Cc = Co * \frac{760mmHg}{PbmmHg} * \frac{(273 + t^{\circ}C)^{\circ}K}{298^{\circ}K}$$

Fórmula usada para la conversión de unidades:

$$\frac{Cc * 1000}{\text{Área_recipiente}}$$

2.5.2. Ruido

El nivel de presión sonora o contaminación acústica se midió mediante un Sonómetro CENTER 390 Data Logger a respuesta lenta (Slow) y con ponderación A, el cual determinó los niveles de ruido en decibeles (dB) cada 10 segundos. El tiempo de monitoreo fue por un periodo de una hora en cada punto de estudio, a partir de las 7.01 am considerado como

horario diurno. Conforme al Anexo 5 de la Reforma del Acuerdo 097 del Ministerio del Ambiente (2015), el equipo estuvo ubicado sobre un trípode a una distancia de 1.5 metros de altura y con una inclinación mayor a 45 grados. Con los datos obtenidos se procedió a sacar las variables requeridas para el estudio $LA_{eq,tp}$ (Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A del ruido total), $LA_{eq,rp}$ (Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A del ruido residual), Kr (Corrección por ruido residual para el caso de mediciones LA_{eq}), ΔLr ($LA_{eq,tp} - LA_{eq,rp}$), LA_{90} (Índice acústico estadístico que cuantifica el nivel excedido durante el 90% del tiempo de medición), LA_{10} (Índice acústico estadístico que cuantifica el nivel excedido durante el 10% del tiempo de medición), L_{amin} (valor mínimo), L_{amax} (valor máximo) y LK_{eq} (Nivel de presión sonora continua equivalente corregido), (Ministerio del ambiente, 2015).

Para lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$LA_{eq,promedio} = 10 \log \left(\frac{1}{n_i} * (10^{0.1Leq_1} + 10^{0.1Leq_2} + \dots + 10^{0.1Leq_i}) \right)$$

Siendo n_i el número total de datos.

Para determinar LK_{eq} se siguió la metodología del anexo 3.1 de la Norma mencionada, debido a que el ruido específico no cuenta con características impulsivas ni contenido energético alto en frecuencias bajas, se eliminaron los ruidos impulsivos, en este caso alarmas o pitos de los automóviles.

$$LK_{eq} = Le = LA_{eq,tp} - Kr$$

Por su parte, la fórmula para la corrección Kr es:

$$Kr = -10 \log(1 - 10^{-0.1\Delta Lr})$$

Para la determinación del nivel máximo de ruido corregido (LK_{eq}), y por ende obtener los valores de nivel más permisible, se siguió la metodología para usos de suelo Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN) descrita en el anexo 4 de la Norma sobre el ruido, en la que la Autoridad Ambiental Nacional, Ministerio del Ambiente determinó la corrección más apropiada, que para este caso al tratarse de la carretera Cuenca-Molleturo una vía en la que no existe restricción para la circulación vehicular, existe mayor nivel de tránsito, por lo tanto se ocupó la corrección $LA_{90} + 10dB$.

Para respaldo de los datos se realizó un conteo vehicular basado en la clasificación del INEN (2012), en el estudio se ejecutó un conteo generalizado, es decir, se dividió en 4 grupos: Motocicletas (categoría L), Vehículos livianos (categoría M), Buses (categoría M) y Vehículos de carga como camiones y tracto camiones (categoría N); de esta manera se



relacionó los datos obtenidos con los niveles de presión sonora promedios medidos por el equipo.

2.6. Revisión de la normativa vigente

La interpretación de los datos obtenidos en el estudio, fue basado en la Reforma del Acuerdo 097-A (Reforma al Libro VI de la Calidad Ambiental, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2015). Para partículas sedimentables se empleó el Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión y para el Ruido el Anexo 5, Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, en el cual se encuentra los límites máximos permisibles para estas variables. Se debe tomar en cuenta para la corrección de partículas sedimentables, datos de Presión y Temperatura del área de estudio, los cuales según Montenegro, (2015) sugiere un promedio de 476.589 mmHg y 8.3 °C respectivamente; y que las unidades se encuentren en (mg/cm^2), mientras que para la corrección de ruido se debe seguir la metodología que corresponda al caso.

2.7. Determinación del efecto de la calidad del aire en la avifauna

La determinación del efecto de la calidad del aire y ruido sobre la riqueza y abundancia de la avifauna en la vía del Parque Nacional se lo realizó mediante correlaciones a partir del coeficiente de Pearson con ayuda del programa Excel, el cual cuantifica la fuerza de la relación lineal entre dos variables cuantitativas sin tomar en cuenta la unidad usada, este oscila entre valores de -1 y +1, indicando el primero una relación perfecta negativa, es decir, a medida que aumenta una variable, disminuye otra; el segundo valor es una relación perfecta positiva, en donde si una variable aumenta la otra lo hará del mismo modo, por último, se puede obtener un valor cercano a 0 el cual quiere decir que no existe una relación lineal entre las variables (Pita & Pérttega, 1997).

CAPÍTULO III

3. Resultados y Discusión

3.1. Demografía de la Avifauna

Se registró un total de 414 aves en el área de estudio, proporcionando una riqueza de 53 especies que pertenecen a 25 familias (Anexo 3). Para el método denominado Puntos de Conteo, se registró 169 individuos asociadas a 39 especies pertenecientes a 18 familias, mientras que para el método de Transectos Lineales se observó 245 individuos asociadas a



50 especies pertenecientes a 23 familias, siendo el P07 con mayor riqueza y abundancia, contrario al P05 con datos inferiores (Anexo 5).

El (Anexo 4) muestra que la mayor riqueza de aves se registró en P07 y de abundancia en P03, lo cual se debe a la existencia de zonas que presentan variedad de hábitats, como vegetación y fuentes hídricas, mientras que el P05 correspondiente al Sector de Tres Cruces y P04 presentaron los valores más bajos de riqueza y abundancia respectivamente, asociándolo a la presencia de un mirador turístico que influye en la actividad normal de las aves y en el segundo caso, porque se encuentra cercano al P05.

Del total de aves, tres especies como Cinclodes Piquigrueso (*Cinclodes excelsior*), Metalura Gorjivioleta (*Metallura baroni*) y Colicardo Murino (*Schiozoeaca griseomurina*) son endémicas de la bioregión Páramo de los Andes Centrales que incluyen a Ecuador, Colombia y Perú, en cambio, Metalura Gorjivioleta (*Metallura baroni*) y Xenodacnis (*Xenodacnis parina*) son consideradas en Peligro de extinción a nivel nacional e internacional.

Las especies que se encontraron con mayor frecuencia fueron: Cinclodes Alifranjeado (*Cinclodes fuscus*), Mirlo de agua Gorriblanco (*Cinclus leucocephalus*) y Sabanero Ruficollajero (*Zonotrichia capensis*) con 8.21%, Gralaria Leonada (*Grallaria quitensis*) con 6.76%, Mirlo Grande (*Turdus fuscater*) con 6.52%, a diferencia de los resultados obtenidos por Astudillo et al. (2004) en el que se registraron especies como: Cinclodes Alifranjeado (*Cinclodes fuscus*) con 20.5%, Frigilo Plomizo (*Phrygilus unicolor*) con 17.1%, Canastero Multilistado (*Asthenes flammulata*) con 10.7%, Gralaria Leonada (*Gallaria quitensis*) con 7.2%, y Picoespina Dorciazul (*Chalcostigma stanleyi*) con 5.2%.

Se visualizó la existencia de variaciones entre las comunidades de aves pues el registro obtenido de la especie *Chalcostigma stanleyi* es menor al estudio realizado por Astudillo et al. (2014); Según Laurance (2014) puede existir similitud entre la riqueza de especies pero diferencia en su abundancia, lo cual se debe básicamente al hábitat y la vegetación, en cambio Machado & Samaniego (2012) coinciden al igual que este estudio, que la especie *Zonotrichia capensis* presenta un elevado rango de distribución, Ridgely & Greenfiel (2001) y Tinoco & Astudillo (2007) lo atribuyen por ser individuos muy comunes en la región. Por otro lado, *Phrygilus unicolor* mostró mayor número de individuos cerca de la carretera al igual que el registro realizado por Machado & Samaniego (2012), pues de acuerdo a Tinoco & Astudillo (2007) este espécimen se encuentra habitando el páramo, pastizales, zonas arbustivas y bordes de carretera, alimentándose principalmente de semillas.

3.1.1. Curvas de Acumulación de Especies

De acuerdo a los dos métodos utilizados tanto Puntos de Conteo como Transectos Lineales se observó que a medida que aumentan los muestreos, el número de especies aumenta y por ende la curva tiende a crecer tomando un comportamiento asintótico. La (Figura 4) nos indica que las curvas presentan pendientes crecientes cuando se añaden nuevas especies a la lista y una vez que se ha llegado al número de especies esperadas la curva nos presenta una tendencia horizontal, la cual se puede observar de manera más significativa a partir de la curva Logarítmica de la riqueza específica del monitoreo de aves.

En una observación más detallada de las Figuras 3, 5 y 6, las curvas de acumulación de especies a lo largo de su tendencia presentaron pendientes decrecientes y crecientes coincidiendo con el estudio de Camacho (2007), en el que sus curvas tomaron comportamiento similares a las de este estudio. Jiménez-Valverde & Hortal (2003) mencionan que la adición de especies raras o provenientes de otras zonas y la distribución espacial no estable de las especies debido a factores como cambios en el ambiente, provocan que la pendiente de la curva descienda y tome ese comportamiento.

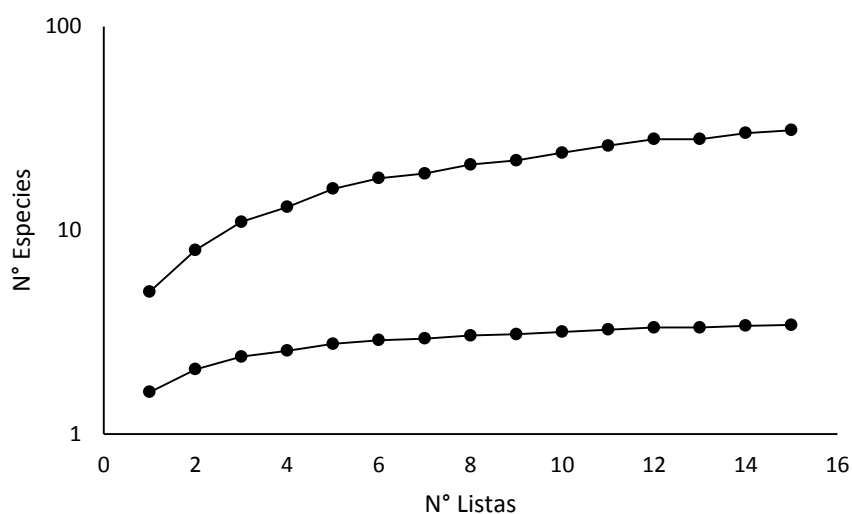


Figura 3. Método de Listas Fijas Lado Derecho de la carretera.

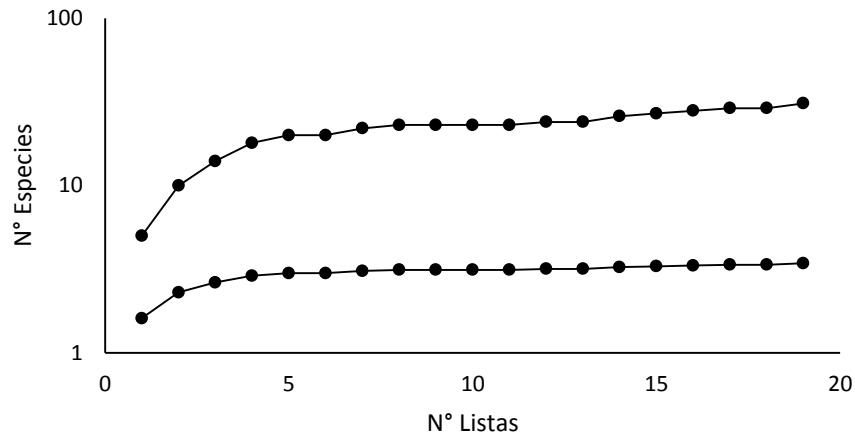


Figura 4. Método de Listas Fijas Lado Izquierdo de la carretera.

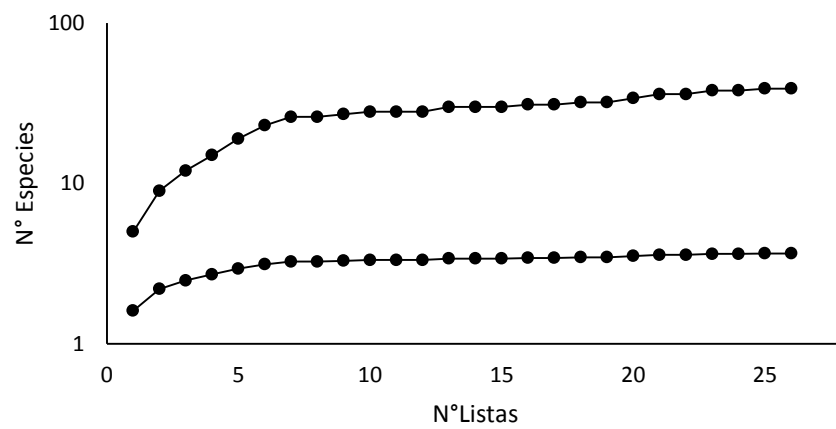


Figura 5. Método Transecto Lado Derecho de la carretera.

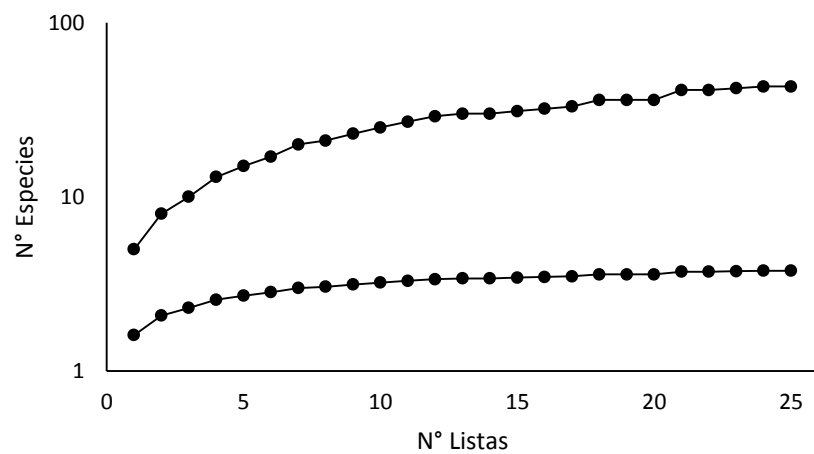


Figura 6. Método Transecto Lado Izquierdo de la carretera.



3.2. Contaminantes atmosféricos

3.2.1. Partículas sedimentables

Se obtuvo un total de 80 valores (Anexo 1) de los cuales se pudo determinar que los valores más significativos durante los dos ciclos de monitoreo corresponden al P07 del Control de Huagrahuma con una concentración de 0.8559 mg/cm^2 y 0.9377 mg/cm^2 , P06 con una concentración de 0.6317 mg/cm^2 y 0.5967 mg/cm^2 , y P01 del Control de Quinoas con una concentración de 0.6018 mg/cm^2 y 0.6076 mg/cm^2 , los mismos que se encuentran localizados en la carretera.

Según la Reforma del Acuerdo 097 del Ministerio del Ambiente (2015), el límite máximo permisible para Partículas Sedimentables es de 1 mg/cm^2 , por lo tanto se demostró que ninguna de las concentraciones en los puntos seleccionados superan el valor permitido, coincidiendo con los resultados obtenidos por la EMOV-EP (2014) que durante los meses de Octubre y Noviembre obtuvieron para el Control Quinoas concentraciones de 0.22 y 0.21 mg/cm^2 respectivamente y para el Sector Tres Cruces de 0.06 y 0.11 mg/cm^2 .

3.2.2. Ruido

Los niveles de presión sonora más significativos se produjeron en la carretera, obteniendo un promedio logarítmico de 65,08 dB entre todos los puntos. Como se muestra en el (Anexo 2) los niveles más altos corresponden al punto 7 del Control de Huagrahuma con 70.72 dB y al punto 6 con 70.88 dB, a diferencia de otros puntos más alejados que presentan niveles más bajos. De la misma manera, todos los valores $L_{K_{eq}}$ calculados a partir del anexo 3.1 de la Norma no superan los valores más permisibles ($L_{K_{eq}} = LA_{90} + 10\text{dB}$).

En este estudio, la diversidad de aves no sigue un patrón específico de variación con respecto al ruido, sin embargo, en la mayoría de puntos establecidos especialmente a distancias de 50 metros, los cuales se encuentran más cercanos a la vía Cuenca-Molleturo se puede observar que la riqueza de aves es mayor a diferencia de aquellas que se encuentran más alejadas, coincidiendo con los resultados obtenidos por Camp & Best (1993), quienes afirman que tanto la riqueza y la abundancia de aves son mayores a distancias que se encuentran más cercanas a las carreteras. Según Helle & Muona (1985) en las carreteras existe mayor cantidad de invertebrados los cuales sirven de alimento para las aves, por lo tanto las mismas se sienten atraídas especialmente por los efectos de borde de las carreteras, en las que sí existe mayor disponibilidad de un recurso que en otras zonas más alejadas, las aves optarán por acercarse a las vías, así mismo Nigro & Lodeiro (2009) mencionan que los residuos orgánicos arrojados en la carretera también atraen a las aves. Forman & Alexander (1998) reportan que existen áreas de afectación dentro de los bosques,

especialmente en la riqueza de especies que habitan la zona, atribuyéndole a la presencia de la carretera y por ende la elevada circulación de vehículos los cuales generan ruido.

Torres (2010) y Summers et al. (2011) de acuerdo a sus estudios confirman que se generan cambios en las comunidades de aves que se encuentran cerca a las carreteras. Sin embargo, Bager & Alves da Rosa (2012) afirman que la diversidad de aves no se encuentran influenciados por la presencia de las carreteras, mostrándonos en los resultados de sus estudios que la estructura de aves en las distancias evaluadas son casi iguales.

Arévalo & Newhard (2010) aseguran que el ruido generado por el tráfico vehicular es una de las perturbaciones y efectos negativos que tienen las carreteras, sin embargo, en esta investigación la riqueza de aves no se encuentra relacionada con esta perturbación ($r=0.2023$), los resultados obtenidos señalan que existe mayor número de aves cerca de la carretera con algunas excepciones al igual que los resultados obtenidos por Machado & Samaniego (2012) en el que la riqueza y abundancia de aves es mayor en las zonas cercanas a la carretera.

3.3. Determinación del efecto de la calidad del aire en la avifauna

Entre los datos analizados se tomaron como variables (Anexo 4): Altura en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (H), Partículas sedimentables del primer muestreo (PS1) tomadas desde el 14 de septiembre al 14 de octubre, Partículas sedimentables del segundo muestreo (PS2) desde el 22 de octubre al 21 de noviembre, promedio logarítmico de ruido LAeq,tp (Rp), Riqueza específica (S), Diversidad de especies (D) y Abundancia absoluta (A) para obtener el coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 2. Correlación de variables. Método Listas Fijas.

	H	PS1	PS2	Rp	S	D	A
H	1						
PS1	0,1898	1					
PS2	-0,3572	0,2627	1				
Rp	-0,1155	0,1489	0,4218	1			
S	-0,3994	-0,1244	0,1144	0,2023	1		
D	-0,3557	-0,1327	0,2001	0,2196	0,9287	1	
A	-0,3529	-0,1172	0,0091	0,0942	0,8857	0,6933	1

De acuerdo a la *Tabla 2* no se encontró relación entre las variables físicas como PS1, PS2 y Rp hacia las S, D, A, sin embargo, existe una correlación inversa débil entre la variable H y S, D, A ($r_{\text{promedio}} = -0.3693$); los resultados obtenidos coincidieron con los de Astudillo et al. (2014) que determinaron la avifauna tanto cerca como lejos de la carretera, y concluyeron que la vía no afectó a la riqueza de las aves cuando estas se encontraban cerca de la

misma, sin embargo, si hubo una diferencia con relación a la abundancia, es decir, esta variable aumentó mientras más lejos se encontró del borde del camino.

Tabla 3. Correlación de variables. Método Listas Fijas. Control Huagrahuma.

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,9913	1				
Rp	0,7481	0,8151	1			
S	0,1627	0,1547	0,4135	1		
D	0,2131	0,2038	0,4648	0,9803	1	
A	0,0635	0,0811	0,4320	0,9740	0,9345	1

Tabla 4. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P06

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,7075	1				
Rp	0,6270	0,8119	1			
S	0,1729	0,3644	0,6348	1		
D	0,0625	0,3250	0,5537	0,9679	1	
A	0,2323	0,3149	0,5768	0,9590	0,8873	1

Tabla 5. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P05

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,5967	1				
Rp	-0,1506	0,1249	1			
S	0,3147	0,2377	0,3808	1		
D	0,2707	0,2508	0,2643	0,9849	1	
A	-0,0072	-0,0813	0,5149	0,7679	0,7106	1

Tabla 6. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P04

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,7832	1				
Rp	0,1077	0,1731	1			
S	-0,6580	-0,9550	-0,0741	1		
D	-0,7560	-0,9241	0,1537	0,9561	1	
A	-0,4548	-0,9083	-0,1619	0,9444	0,8361	1

Tabla 7. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P03

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,5225	1				
Rp	0,4465	0,9540	1			
S	-0,6072	-0,5078	-0,3933	1		
D	-0,7303	-0,1767	-0,1062	0,7504	1	
A	-0,3892	-0,5960	-0,5078	0,9059	0,4070	1

Tabla 8. Correlación de variables. Método Listas Fijas. P02

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,5979	1				
Rp	-0,4265	-0,1549	1			
S	0,1564	-0,0962	0,1038	1		
D	0,3374	-0,0384	-0,1787	0,9464	1	
A	0,0748	-0,1216	0,1739	0,9827	0,8865	1

Tabla 9. Correlación de variables. Método Listas Fijas. Control Quinoas.

	PS1	PS2	Rp	S	D	A
PS1	1					
PS2	0,3865	1				
Rp	0,9970	0,3140	1			
S	0,0215	0,9304	-0,0559	1		
D	-0,1679	0,8443	-0,2436	0,9820	1	
A	-0,1044	0,8769	-0,1810	0,9921	0,9979	1

Entre los coeficientes de Pearson para el ruido, *Tabla 3* ($r= 0.41$ y 0.43), *Tabla 4* ($r= 0.63$ y 0.58), *Tabla 5* ($r= 0.38$ y 0.51) se demostró que existe una relación lineal directa con respecto a las variables S y A respectivamente, coincidiendo con el estudio de Alexander (2009) en el que existió mayor riqueza de aves cuando los niveles de ruido fueron mayores; sin embargo, difiere de los resultados obtenidos por Forman & Alexander (1998), en el que las aves mostraron sensibilidad a los niveles de ruido bajos, resultado del tráfico vehicular.

Con lo que respecta a Partículas sedimentables, la *Tabla 6* indica que el segundo muestreo PS2 ($r= -0.96$ y -0.91) mostró una relación lineal inversa de mayor valor que el PS1 ($r= -0.66$ y -0.45) con respecto a S y A, mientras que en *Tabla 7* se obtuvo la misma relación con valores no muy lejanos entre cada muestreo. La *Tabla 9* encontró en PS2 ($r= 0.93$ y 0.88) una relación lineal directa con respecto a las variables S, D, A.

Según Fahrig & Rytwinski (2009), algunas especies pueden o no mostrar efectos negativos sobre su riqueza y abundancia debido a la influencia de las carreteras (tráfico vehicular,



ruido, material sedimentable), concordando con los resultados obtenidos en esta investigación, en el que las correlaciones no mostraron relaciones significativas entre las variables analizadas, esta particularidad se debe a la habilidad cognitiva y velocidad de vuelo de cada especie estudiada; por otro lado, Takushi (2011) realizó un estudio con respecto a una sola especie de ave dentro del Parque Nacional Cajas (*Phrygilus unicolor*) en el que demostró que este espécimen presentó similar cantidad de individuos tanto cerca como lejos de la carretera y que al compararla con este estudio la misma fue localizada cerca o sobre la vía, otras especies como *Cinclodes fuscus*, *Cinclus leucocephalus*, *Zonotrichia capensis*, *Turdus fuscater* también aparecieron junto a la carretera.

Tabla 10. Correlación de variables. Método Transectos

	<i>Rp</i>	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>A</i>
<i>Rp</i>	1			
<i>S</i>	0,2010	1		
<i>D</i>	0,1629	0,9652	1	
<i>A</i>	0,3632	0,9051	0,8408	1

En la *Tabla 10* se tomó en cuenta el *Anexo 5* aplicado al método de Transectos y variables de ruido tomados en la carretera y de acuerdo a la correlación el valor de $r= 0.36$ es el más alto mostrando una relación lineal directa débil entre *Rp* y *A*, que en comparación con el estudio de Forman & Alexander (1998) no se encuentra una sensibilidad que sea significativa y que afecte a la avifauna del tramo de estudio.



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

La vía Cuenca-Molleturo tiene influencia sobre la comunidad de aves del Parque Nacional Cajas, las variables analizadas como partículas sedimentables y ruido aunque no presentan relaciones tan concisas frente a la riqueza y abundancia, permitieron determinar los efectos producidos por las mismas en función de las distancias evaluadas.

Los niveles de presión sonora como se esperaba, son más altos cerca de la carretera lo cual se debe a la circulación vehicular, a diferencia de los lugares más alejados en donde predomina el ruido natural o ambiental que se caracteriza por el canto de las aves y fuentes hídricas como riachuelos.

En cuanto a las correlaciones, los puntos P07 (Control de Huagrahuma), P06 y P05 (Tres cruces) presentan una relación positiva en donde a mayor ruido, mayor riqueza y abundancia de aves, y por ende son mayores a distancias cercanas a la carretera, una de las razones principales se debe a que las aves se encuentran atraídas hacia estas zonas por la fuente de alimentos que proporcionan como invertebrados, semillas y residuos orgánicos. Por su parte, en los puntos P04 y P03 se presentó una relación negativa, es decir, mientras exista un aumento en partículas sedimentables, la riqueza y abundancia de las aves disminuye, afectando su distribución; en el punto P01 (Control de Quinoas) los resultados fueron positivos, en donde a mayor concentración de partículas sedimentables mayor riqueza y abundancia de aves, esto se debe a que las especies encontradas en este punto son aves adaptadas a las áreas urbanas andinas, tal es el caso de Sabanero Ruficollarejo (*Zonotrichia capensis*), Mirlo Grande (*Turdus fuscater*), Golondrina Ventricafé (*Notiochelido murina*), Mirlo de agua Gorriblanco (*Cinclus leucocephalus*) y Jilguero Encapuchado (*Carduelis magellanica*).

A pesar de que los valores de partículas sedimentables no sobrepasan los límites permisibles establecidos en el Acuerdo 097 en ninguno de los puntos monitoreados, en el segundo periodo de monitoreo se presenta un punto que posee concentraciones mayores a 0.9 mg/cm^2 , existiendo una gran probabilidad que a medida que aumente su fuente contaminante aumente el valor de concentración y por lo tanto supere el valor límite establecido, las fechas en que realizaron los muestreos (septiembre a noviembre) puede ser un indicativo por el cual, los valores de los mismos podrían variar, inclusive se demostró en el segundo monitoreo que los valores aumentaron ya que coincidió con días festivos. Cabe mencionar que también existieron casos en ambos periodos de monitoreo en los que la concentración de partículas sedimentables aumenta a medida que los puntos muestreados



se alejan de la carretera, lo cual puede deberse a la velocidad y dirección del viento que varía dentro del Parque Nacional Cajas gracias a las irregularidades del terreno.

El Ministerio del Ambiente a pesar de proporcionar información con respecto a las normativas vigentes, los técnicos no tienen un conocimiento completo con respecto al desarrollo y comprensión de las mismas, sin embargo, tanto esta entidad como ETAPA-EP brindaron los permisos y la información requerida para el desarrollo del estudio.

En términos generales, la investigación fue satisfactoria ya que se encontró correlaciones entre las variables analizadas, sin embargo, estas no son significativas para que influyan en la comunidad de aves, con las visitas de campo realizadas al sitio de estudio se evidenció que la actividad de las aves no se encuentra afectada, pues a simple vista se puede observar que las mismas han desarrollado métodos de adaptación frente a la problemática, un ejemplo de lo mencionado es la especie *Cinclodes fuscus*, la cual camina libremente y sin temor sobre la carretera.

RECOMENDACIONES

Sería necesario realizar un estudio similar al presentado en distintos meses del año, esto con el objetivo de realizar comparaciones futuras y obtener un estudio más completo de todas las variables presentadas.

A lo largo del estudio, se presentaron complicaciones por la inexistencia de estudios que relacionen las variables analizadas en esta investigación, principalmente con la variable de ruido, la cual en la nueva normativa vigente ya no se sigue una metodología general para la medición e interpretación de los datos de ruido, sino que existe una metodología específica para Parques Nacionales y Reservas Ecológicas.

Se recomienda investigar la dispersión de contaminantes dentro del Parque, en donde se incluya principalmente la variable física viento, ya que su actividad provoca que los contaminantes viajen a otros sitios que no fueron objeto de nuestro estudio, con ello se tendría un mejor análisis de la afección no solo a la avifauna sino con respecto a otras especies presentes en este ecosistema; así mismo, monitorear el comportamiento de la fauna en general dentro del Parque sería importante para con ello poder cuidar su hábitat y evitar la expansión agrícola.

Por último, se recomienda realizar estudios sobre gases de combustión y metales pesados en los Controles de Quinoas y Huagrahuma, pues en estos sitios se evidenció que existe gran actividad de aves, y de esta manera sirvan de base para futuras investigaciones.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Arévalo, J.E., & Newhard, K., 2010. Traffic noise affects forest bird species in a protected tropical forest. *Journal of Tropical Biology*, 0(0).

Arevalo, J.E., 2009. Efecto por tráfico en carreteras sobre las aves en el Parque Nacional Carara, in: ResearchGate. Presented at the Semana Academica, Instituto de Conservacion y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS), Costa Rica.

Arévalo, J.E., Stanmyer, R., Stearns, K., Wilson, L.M., 2012. Ruido ambiental y bioacústica de aves en el Parque Nacional Carara, Costa Rica, in: ResearchGate. Presented at the III Congreso Costarricense de Ornitología, San José, Costa Rica, 2012.

Arroyave, M. del P., Gómez, C., Gutiérrez, M.E., Múnera, D.P., Zapata, P.A., Vergara, I.C., Andrade, L.M., Ramos, K.C., 2006. Impactos De Las Carreteras Sobre La Fauna Silvestre Y Sus Principales Medidas De Manejo. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía* 5: 45–57.

Asociación Chilena de Municipalidades, 1995. Fundación Alemana para el Desarrollo, y Fundación Friedrich Ebert. *Gestión Ambiental Municipal*. Santiago de Chile.

Astudillo, A.L., Vázquez, V.E., 2006. Determinación del nivel de material particulado en diferentes zonas de la ciudad de Cuenca. Ecuador.

Astudillo, P.X., Samaniego, G.M., Machado, P.J., Aguilar, J.M., Tinoco, B.A., Graham, C.H., Latta, S.C., Farwig, N., 2014. The impact of roads on the avifauna of páramo grasslands in Cajas National Park, Ecuador. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 49(3), 204–212.

Bager, A., Alves da Rosa, C., 2012. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremos sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitología*, 20(1), 30-39.

BirdLife International., 2004. *The Threatened Birds of the World*. BirdLife International. Cambridge, U.K.

Camacho, L., 2007. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN ENSAMBLAJE DE AVES ASOCIADO AL ECOSISTEMA DE MANGLAR DE ISLA FUERTE (CARIBE COLOMBIANO). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.

Camp, M., Best, L.B., 1993. Bird abundance and species richness in roadsides adjacent to Iowa rowcrop fields. *Wild Soc Bull.* 21(3):315-325.

Capó, M., 2011. Principios de ecotoxicología. Editorial Tébar. Pp. 139-155.



Chicaiza, T., Tapia, J., 2016. Bioindicadores Ambientales de la incidencia del cambio climático y saberes ancestrales en el cantón Pujilí. Latacunga, Ecuador.

Cisneros, R., López, F., Ordoñez, L., Guzmán, W., 2004. La carretera Cajanuma-Lagunas del Compadre en el Parque Nacional Podocarpus: La susceptibilidad de las áreas protegidas. Ed: Abya-yala, EcoCuenca. SeriePáramo (15):31-49.

Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15, 396–406.

Coopmans, P., Moore, J.V., Krabbe, N., Jahn, O., Berg, K., Lysinger, M., 2004. The Birds of Ecuador. Ecuador.

Davenport, J., & Davenport, J. L. (Eds.), 2006. The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment (Vol. 10). Dordrecht: Springer Netherlands.

Delgado O, López F, Aguilar M, Cordero M., 2006. Componente geomorfología glaciar del Parque Nacional Cajas Cuenca – Ecuador. Unpublished report. Ecuador: Universidad del Azuay.

EMOV-EP, 2014. Informe de La Calidad Del Aire Del Parque Nacional Cajas. Contaminación del Aire. Cuenca, Ecuador. pp.45.

Fahrig L., Rytwinski T., 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1):21–41.

Flores, P., Andrés, J., 2015. Biomasa foliar, desfronde y descomposición de la hojarasca en los rodales de *Polylepis reticulata* del Parque Nacional Cajas. Ecuador.

Forman R.T.T., Reineking B., Hersperger A.M., 2002. Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. *Environ Manage.* 29(1):782–800.

Forman, R.T.T., & Alexander, L.E., 1998. Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 207–C2.

Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J., Clevenger, A., Cutshall, C., Dale, V., Fahrig, L., France, R., Goldman, C., Heanue, K., Jones, J., Swanson, F., Turrentine, T., Winter, T., 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*, Island Press. Washington, DC.

Furness, R.W., Greenwood, J.J.D., 1993. Can birds be used to monitor the environment? In R. W. Furness & J. J. D. Greenwood (Eds.), *Birds as Monitors of Environmental Change* (pp. 1–41). Springer Netherlands.



GAD Municipal, 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón. Cuenca, Ecuador.

Gallego, A., González, I., Sánchez, B., 2000. Contaminación atmosférica. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

García, N., Abad, M., 2015. Análisis preliminar de la fitotoxicidad del material particulado sedimentable de la zona urbana de Cuenca. Maskana. Revista Científica 6, 39–52.

Grantz, D.A., Garner, J.H.B., Johnson, D.W., 2003. Ecological effects of particulate matter. Environment International, Future Directions in Air Quality Research: Ecological, Atmospheric, Regulatory/Policy/Economic, and Educational Issues 29, 213–239.

Hajek, E.R., 1989. El ambiente atmosférico en América Latina: características, variabilidad, deterioro. Contribuciones. (CIEDLA Buenos Aires.) 6: 105-113.

Helle, P., Muona, J., 1985. Invertebrate numbers in edges between clear-fellings and mature forests in northern Finland. Silva Fennica 19:281-294.

Hofstede, R., Coppus, R., Mena Vásconez, P., Segarra, P., Wolf, J., Sevink, J., 2002. El Estado de Conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. ECOTROPICOS 15: 3-18.

Huijser, M.P., Bergers, P.J.M., 2000. The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. Biological Conservation, 95(1), 111–116.

Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2010. Informe de la Calidad del Aire – Parque Nacional Cajas. Contaminación del Aire. Cuenca, Ecuador. Pp.39

INEN, 2012. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2656:2012 sobre la Clasificación Vehicular. Quito, Ecuador.

Jaeger, J.A.G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B., and Von Toschanowitz, K.T., 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior. Ecological Modelling 185, 329–348.

Jiménez-Valverde, A., Hortal, J., 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología 8, 151 – 161.



Jokimäki, J., Suhonen, J., Jokimäki-Kaisanlahti, M.-L., and Carbo-Ramírez, P. (2016). Effects of urbanization on breeding birds in European towns: Impacts of species traits. *Urban Ecosystems*, 1–13.

Kaseloo, P.A., Tyson, K.O., 2004. Synthesis of Noise Effects on Wildlife Populations. Federal Highway Administration Technical Report No. FHWA-HEP-06-016.

Kociolek, A. & T. Clevenger. 2011. Effects of Paved Roads on Birds: A Literature Review and Recommendations for the Yellowstone to Yukon Ecoregion. Yellowstone to Yukon Conservation Initiative. Canmore, Alberta.

Laurance S.G.W., 2004. Response of understory rain forest birds to road edges in central Amazonia. *Ecol Applications*. 14(5):1344–1357.

Llerena, J.L., Sánchez, V.I., 2015. Investigación y análisis de buenas prácticas ecoturísticas en el Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay.

Lozano, C., 2010. Propuesta de un Plan de Control de la Calidad del Aire de Partículas Sedimentables en la Ciudad de Riobamba. Ecuador.

Machado, P.J., Samaniego, G.M., 2012. Influencia de la carretera Cuenca Molleturo Naranjal sobre la comunidad de aves de páramo en el Parque Nacional Cajas. Ecuador.

Marten, K., & Marler, P., 1977. Sound transmission and its significance for animal vocalization. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2(3), 271–290.

Martin, P.B., 2005. Contaminación del aire por material particulado en la Ciudad de Buenos Aires (Text). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Medina, G., Mena, V.P., 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Proyecto Páramo. Quito. Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos. 1-23.

Medrano, P.M., 2015. Efecto de las carreteras en la mortalidad de vertebrados en un área megadiversa: Los Andes Tropicales del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.

Mena, P., 2009. El estado de salud de los páramos en el Ecuador: alternativas interesantes y pronósticos complicados., in: *Gente Y Ambiente de Páramo: Realidades Y Perspectivas En El Ecuador*. EcoCiencia, Quito, Ecuador, pp. 23-39.

Minguillón, M., 2007. Composición y fuentes de material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón. Impacto de la introducción de las mejores técnicas



disponibles. Tesis previa a la obtención del título de Doctor en Química, Universitat Jaume I, Castellón, España, pp. 5-19.

Mikol, S.A. 1980. Field guidelines for using transects to sample nongame bird populations. (Report FWS/OBS-80/58). USA: U.S. Fish and Wildlife Service.

Ministerio del Ambiente, 2015. Reforma al Libro VI de la Calidad Ambiental, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.

Montenegro, P.F., 2015. Estimación de la Radiación solar y neta a partir de la temperatura en Ecosistemas de páramo y comparación con sensores a nivel del suelo. Cuenca, Ecuador.

Montero, F., 2011. Evaluación del efecto del material sedimentable atmosférico sobre la corrosión metálica, en las ciudades de Quito y Santo Domingo.

Moreno, C.E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Nigro, N.A., Lodeiro, N., 2009. Atropellamiento de fauna silvestre en las rutas de la Provincia de Misiones, Argentina. Análisis y propuestas preliminares para minimizar su impacto. Reportes Tigreros. Serie Conservación (2): 1-19. Red Yaguareté, Buenos Aires.

Ochoa, E.P., 2014. Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. CES Salud Pública 5, 59–69.

Pacheco, G., Losada, S., 2015. Efecto del ruido del tráfico vehicular en cantos de *Hylophilus flavipes* y *Cyclarhis gujanensis*. Julio – Diciembre de 2015. Vol. 6, 177-183.

Parra, R., 2014. Resumen del Inventario de emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca, año 2011. Cuenca - Ecuador.

Parris, K. M., Schneider, A., 2008. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14(1): 29.

Pinos, J.A., 2015. Biomasa foliar, desfronde y descomposición de la hojarasca en los rodales de *Polylepis reticulata* del Parque Nacional Cajas.

Pita, S., Pérttega, S., 1997. Relación entre variables cuantitativas. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. Coruña. *Cad Aten Primaria*; 4: 141-144.

Platt, U., & Stutz, J., 2008. Atmospheric Chemistry. In *Differential Optical Absorption Spectroscopy* (pp. 5–75). Springer Berlin Heidelberg.



Platt, U., & Stutz, J., 2008. Measurement Techniques for Atmospheric Trace Gas Concentrations and Other Parameters. In *Differential Optical Absorption Spectroscopy* (pp. 113–134). Springer Berlin Heidelberg.

Ralph, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martin, T. E.; DeSante, D. F.; & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. (Rep. PSW-GTR-159). California, USA. Department of Agriculture & Pacific Southwest Research Station, Forest Service.

Reijnen, R., Foppen, R., 1995. The Effects of Car Traffic on Breeding Bird Populations in Woodland. I. Evidence of Reduced Habitat Quality for Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*) Breeding Close to a Highway. *Journal of Applied Ecology*, 31(31), 85–94.

Rheindt, F.E., 2003. The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? *Journal für Ornithologie* 144, 295–306.

Ridgely, R. & Greenfield, P., 2001. *The birds of Ecuador: status, distribution and taxonomy*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, USA.

Robinson, R. A., Learmonth, J. A., Hutson, A. M., Macleod, C. D., Sparks, T. H., Leech, D. I., Crick, H. Q., 2005. Climate change and migratory species.

Rojas, N.Y., 2004. Revisión de las emisiones de material particulado por la combustión de diesel y biodiesel. *Revista de Ingeniería*, 0(20), 56–66.

Saquisilí, S., 2015. Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues. Cuenca, Ecuador.

Slabbekoorn, H., Peet, M., 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 424 (July 17): 267.

Summers, P., Cunningham, G., Fahrig, L., 2011. Are the negative effects of road on breeding birds caused by traffic noise. *Journal of Applied Ecology*. Ottawa, Canada.

Takushi, S., 2011. Preferencias sexuales de Aves a las Carreteras Los Efectos de la Carretera Cuenca – Molleturo – Naranjal en las Proporciones de los sexos en los Individuos de las Especies de *Phrygilus unicolor* en el Parque Nacional de Cajas. Independent Study Project (ISP) Collection. Paper 1191.

Tapia, J., Karolina, A., Rueda, R., Quelmita, R., 2013. Incidencias de la declaración del macizo del Cajas como reserva de biósfera en el aspecto turístico del Parque Nacional Cajas.



Torres, A., 2010. Efectos de la construcción de una autopista sobre una población de avutardas: Influencia en la distribución espacial y efectos en la abundancia y la productividad. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

Tinoco, B.A., Astudillo, P.X., 2007. Guía de campo de las aves del Parque Nacional Cajas. Cuenca (Ecuador): ETAPA.

Vallejo, P., González, C., Mena, F., 2016. Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí. Enfoque UTE 7, pp. 109 – 119.

Xunta de Galicia, 2012. Ruido Ambiental – Informe 2012. Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras.

Wilczak, J.M., Strauch, R.G., Ralph, F.M., Weber, B.L., Merritt, D.A., Jordan, J. R., Dye, T. S., 1995. Contamination of Wind Profiler Data by Migrating Birds: Characteristics of Corrupted Data and Potential Solutions. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 12(3), 449–467.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de datos de partículas sedimentables del primer muestreo.

Control Huagrahuma							
N° muestra	Ubicación	Muestra en filtros (g)	Muestra en crisoles (g)	Peso total en (g) (Co)	Corrección de datos (Cc)	Peso para normativa (mg/cm ²)	Observaciones
1	Vía	0,0922	0,025	0,1172	0,1764	0,8559	
2	50 m	0,028	0,0055	0,0335	0,0504	0,2447	
3	150 m	0,0764	0,0046	0,081	0,1219	0,5915	
4	250 m	0,0384	0,0019	0,0403	0,0607	0,2943	
5	50 m	0,0483	0,0102	0,0585	0,0881	0,4272	
6	150 m	0,0552	0,002	0,0572	0,0861	0,4177	
7	250 m						Lugar inclinado y rocoso, difícil acceso
Punto N°6							
8	Vía	0,0799	0,0066	0,0865	0,1302	0,6317	
9	50 m	0,0423	0,0069	0,0492	0,0741	0,3593	
10	150 m	0,0736	0,0091	0,0827	0,1245	0,6040	
11	250 m	0,0415	0,0033	0,0448	0,0674	0,3272	
12	50 m	0,0692	0,0064	0,0756	0,1138	0,5521	
13	150 m	0,0632	0,002	0,0652	0,0981	0,4762	
14	250 m	0,0592	0,0034	0,0626	0,0942	0,4572	
Punto N° 5							
15	Vía	0,0662	0,0005	0,0667	0,1004	0,4871	
16	50 m	0,0405	0,0001	0,0406	0,0611	0,2965	
17	150 m	0,0956	0,0012	0,0968	0,1457	0,7069	
18	250 m						Laguna en el camino, difícil acceso
19	50 m	0,088	0,0017	0,0897	0,1350	0,6551	
20	150 m	0,0704	0,0001	0,0705	0,1061	0,5149	
21	250 m	0,0672	0,0019	0,0691	0,1040	0,5046	



Punto N° 4							
22	Vía	0,0716	0,0002	0,0718	0,1081	0,5244	
23	50 m	0,0059	0,0000	0,0059	0,0089	0,0431	
24	150 m						Lugar inclinado y rocoso, difícil acceso
25	250 m						
26	50 m	0,0039	0,0001	0,004	0,0060	0,0292	
27	150 m	0,001	0,0002	0,0012	0,0018	0,0088	
28	250 m	0,077	0,0179	0,0949	0,1429	0,6931	
Punto N° 3							
29	Vía	0,0481	0,0063	0,0544	0,0819	0,3973	
30	50 m	0,0044	0,0002	0,0046	0,0069	0,0336	
31	150 m	0,0071	0,0001	0,0072	0,0108	0,0526	
32	250 m						Laguna en el camino, difícil acceso
33	50 m	0,0022	0,0001	0,0023	0,0035	0,0168	
34	150 m	0,0071	0,0002	0,0073	0,0110	0,0533	
35	250 m	0,0797	0,0002	0,0799	0,1203	0,5835	
Punto N° 2							
36	Vía	0,0329	0,0000	0,0329	0,0495	0,2403	
37	50 m	0,0007	0,0001	0,0008	0,0012	0,0058	
38	150 m	0,0248	0,0004	0,0252	0,0379	0,1840	
39	250 m	0,0202	0,0047	0,0249	0,0375	0,1818	
40	50 m	0,0171	0,0016	0,0187	0,0281	0,1366	
41	150 m	0,0693	0,0039	0,0732	0,1102	0,5346	
42	250 m	0,0263	0,0002	0,0265	0,0399	0,1935	
Control Quinoas							
43	Vía	0,0790	0,0034	0,0824	0,1240	0,6018	
44	50 m	0,0334	0,0169	0,0503	0,0757	0,3673	Zona privada, solo se pudo acceder al primer punto.
45	150 m						
46	250 m						
47	50 m	0,0408	0,0025	0,0433	0,0652	0,3162	
48	150 m						Zona privada, lugar cercado
49	250 m						



Matriz de datos de partículas sedimentables del segundo muestreo.

Control Huagrahuma							
N° muestra	Ubicación	Muestra en filtros (g)	Muestra en crisoles (g)	Peso total en (g) (Co)	Corrección de datos (Cc)	Peso para normativa (mg/cm ²)	Observaciones
1	Vía	0,1258	0,0026	0,1284	0,1933	0,9377	
2	50 m	0,0315	0,0015	0,033	0,0497	0,2410	
3	150 m	0,0731	0,0045	0,0776	0,1168	0,5667	
4	250 m	0,0408	0,0014	0,0422	0,0635	0,3082	
5	50 m	0,0607	0,0048	0,0655	0,0986	0,4783	
6	150 m	0,0526	0,0051	0,0577	0,0869	0,4214	
7	250 m						Lugar inclinado y rocoso, difícil acceso
Punto N°6							
8	Vía	0,0719	0,0098	0,0817	0,1230	0,5967	
9	50 m	0,0668	0,0066	0,0734	0,1105	0,5360	
10	150 m	0,0661	0,0064	0,0725	0,1091	0,5295	
11	250 m	0,0454	0,0004	0,0458	0,0689	0,3345	
12	50 m	0,0608	0,0226	0,0834	0,1255	0,6091	
13	150 m	0,061	0,0034	0,0644	0,0969	0,4703	
14	250 m	0,0459	0,0104	0,0563	0,0847	0,4112	
Punto N° 5							
15	Vía	0,0331	0,0027	0,0358	0,0539	0,2614	
16	50 m	0,0212	0,0044	0,0256	0,0385	0,1870	
17	150 m	0,0413	0,0078	0,0491	0,0739	0,3586	
18	250 m						Laguna en el camino, difícil acceso
19	50 m	0,0406	0,0073	0,0479	0,0721	0,3498	
20	150 m	0,038	0,017	0,055	0,0828	0,4017	
21	250 m	0,0109	0,0055	0,0164	0,0247	0,1198	



Punto N° 4							
22	Vía	0,0695	0,0132	0,0827	0,1245	0,6040	
23	50 m	0,0596	0,0171	0,0767	0,1155	0,5601	
24	150 m						Lugar inclinado y rocoso, difícil acceso
25	250 m						
26	50 m	0,0583	0,0037	0,062	0,0933	0,4528	
27	150 m	0,0263	0,0044	0,0307	0,0462	0,2242	
28	250 m	0,0629	0,0361	0,099	0,1490	0,7230	
Punto N° 3							
29	Vía	0,0997	0,0132	0,1129	0,1699	0,8245	
30	50 m	0,0391	0,0037	0,0428	0,0644	0,3126	
31	150 m	0,0314	0,0058	0,0372	0,0560	0,2717	
32	250 m						Laguna en el camino, difícil acceso
33	50 m	0,0632	0,0094	0,0726	0,1093	0,5302	
34	150 m	0,0629	0,0284	0,0913	0,1374	0,6668	
35	250 m	0,076	0,0038	0,0798	0,1201	0,5828	
Punto N° 2							
36	Vía	0,1281	0,005	0,1331	0,2004	0,9720	
37	50 m	0,0638	0,0052	0,069	0,1039	0,5039	
38	150 m	0,0301	0,0067	0,0368	0,0554	0,2688	
39	250 m	0,0519	0,0075	0,0594	0,0894	0,4338	
40	50 m	0,0797	0,0043	0,084	0,1264	0,6135	
41	150 m	0,1192	0,0062	0,1254	0,1888	0,9158	
42	250 m	0,0689	0,0066	0,0755	0,1137	0,5514	
Control Quinoas							
43	Vía	0,0793	0,0039	0,0832	0,1252	0,6076	
44	50 m	0,0356	0,0053	0,0409	0,0616	0,2987	Zona privada, solo se pudo acceder al primer punto.
45	150 m						
46	250 m						
47	50 m	0,0758	0,0054	0,0812	0,1222	0,5930	
48	150 m						Zona privada, lugar cercado
49	250 m						

Anexo 2

Matriz de los cálculos de cada variable por punto de muestreo con respecto al ruido.

	P07	B02	B03		B04
LAeq,tp (dB)	70,72	46,86	45,16	LAeq,rp (dB)	42,51
Kr	0,0066	1,9873	3,3971		
ΔL	28,21	4,35	2,66		
Lkeq (dB)	70,71	44,87	41,76		
LA90 (dB)	67,70	49,34	48,10	LA90 (dB)	46,71
LA10 (dB)	39,29	35,72	33,70	LA10 (dB)	30,40
LAmaz (dB)	89,50	63,20	59,40	LAmaz (dB)	54,40
LAmín (dB)	34,80	33,20	29,00	LAmín (dB)	21,80
	P07	B05			B06
LAeq,tp (dB)	62,74	55,16		LAeq,rp (dB)	41,11
Kr	0,0299	0,1745			
ΔL	21,63	14,05			
Lkeq (dB)	62,71	54,98			
LA90 (dB)	65,30	57,87		LA90 (dB)	43,40
LA10 (dB)	36,00	37,82		LA10 (dB)	32,10
LAmaz (dB)	77,70	70,30		LAmaz (dB)	56,80
LAmín (dB)	29,70	34,80		LAmín (dB)	29,10
	P06	B09	B10		B11
LAeq,tp (dB)	70,88	57,98	48,10	LAeq,rp (dB)	39,93
Kr	0,0035	0,0686	0,7175		
ΔL	30,95	18,05	8,17		
Lkeq (dB)	70,87	57,91	47,39		
LA90 (dB)	72,66	58,44	53,40	LA90 (dB)	43,44
LA10 (dB)	36,68	52,46	24,50	LA10 (dB)	25,39
LAmaz (dB)	88,90	75,00	64,80	LAmaz (dB)	53,80
LAmín (dB)	25,90	27,40	23,90	LAmín (dB)	24,10
	P06	B12	B13		B14
LAeq,tp (dB)	62,02	48,25	44,34	LAeq,rp (dB)	41,04
Kr	0,0348	0,9157	2,7425		
ΔL	20,98	7,21	3,30		
Lkeq (dB)	61,99	47,34	41,59		
LA90 (dB)	66,19	51,52	47,30	LA90 (dB)	44,30
LA10 (dB)	50,61	27,70	32,00	LA10 (dB)	29,20
LAmaz (dB)	75,30	58,70	61,60	LAmaz (dB)	55,20
LAmín (dB)	47,00	25,90	26,80	LAmín (dB)	26,00

	P05	B16			B17
LAeq,tp (dB)	60,00	46,41		LAeq,rp (dB)	40,91
Kr	0,0538	1,4380			
ΔL	19,10	5,50			
Lkeq (dB)	59,95	44,97			
LA90 (dB)	62,22	49,70		LA90 (dB)	41,50
LA10 (dB)	27,80	27,60		LA10 (dB)	26,20
LAmaz (dB)	77,00	63,80		LAmaz (dB)	60,30
LAmín (dB)	25,40	25,90		LAmín (dB)	25,20
	P05	B19	B20		B21
LAeq,tp (dB)	61,76	46,75	46,52	LAeq,rp (dB)	44,65
Kr	0,0853	4,1641	4,5592		
ΔL	17,11	2,10	1,87		
Lkeq (dB)	61,67	42,58	41,96		
LA90 (dB)	64,70	50,60	50,33	LA90 (dB)	49,28
LA10 (dB)	30,60	32,90	31,87	LA10 (dB)	33,30
LAmaz (dB)	77,30	59,70	58,80	LAmaz (dB)	53,90
LAmín (dB)	25,70	26,40	26,80	LAmín (dB)	26,40
	P04				B23
LAeq,tp (dB)	65,50			LAeq,rp (dB)	51,39
Kr	0,1718				
ΔL	14,11				
Lkeq (dB)	65,33				
LA90 (dB)	69,56			LA90 (dB)	54,21
LA10 (dB)	31,04			LA10 (dB)	29,99
LAmaz (dB)	82,30			LAmaz (dB)	68,30
LAmín (dB)	25,70			LAmín (dB)	26,70
	P04	B26	B27		B28
LAeq,tp (dB)	65,97	50,61	44,41	LAeq,rp (dB)	41,22
Kr	0,0146	0,5305	2,8320		
ΔL	24,75	9,39	3,20		
Lkeq (dB)	65,95	50,08	41,58		
LA90 (dB)	68,64	55,00	48,10	LA90 (dB)	44,50
LA10 (dB)	32,65	28,60	33,37	LA10 (dB)	27,80
LAmaz (dB)	85,10	64,50	57,50	LAmaz (dB)	55,40
LAmín (dB)	25,50	25,20	23,80	LAmín (dB)	24,90
	P03	B30			B31
LAeq,tp (dB)	66,11	38,44		LAeq,rp (dB)	38,19
Kr	0,0070	12,5098			

ΔL	27,92	0,25			
Lkeq (dB)	66,10	25,93			
LA90 (dB)	68,60	39,30		LA90 (dB)	40,04
LA10 (dB)	40,93	29,00		LA10 (dB)	28,66
LAmx (dB)	84,30	59,40		LAmx (dB)	58,20
LAmin (dB)	31,80	26,40		LAmin (dB)	21,30
	P03	B33	B34		B35
LAeq,tp (dB)	64,18	56,50	53,82	LAeq,rp (dB)	51,94
Kr	0,0109	0,0646	0,1205		
ΔL	26,00	18,31	15,63		
Lkeq (dB)	64,17	56,43	53,70		
LA90 (dB)	66,10	52,50	56,20	LA90 (dB)	55,90
LA10 (dB)	37,10	38,30	34,60	LA10 (dB)	34,60
LAmx (dB)	81,20	79,80	69,30	LAmx (dB)	67,20
LAmin (dB)	31,80	32,40	30,00	LAmin (dB)	25,40
	P02	B37	B38		B39
LAeq,tp (dB)	69,32	47,96	38,69	LAeq,rp (dB)	38,12
Kr	0,0033	0,4757	9,0930		
ΔL	31,21	9,84	0,57		
Lkeq (dB)	69,32	47,48	29,60		
LA90 (dB)	68,20	46,50	41,10	LA90 (dB)	41,20
LA10 (dB)	32,64	32,40	30,90	LA10 (dB)	30,64
LAmx (dB)	90,30	71,20	55,90	LAmx (dB)	50,40
LAmin (dB)	27,20	28,50	27,70	LAmin (dB)	26,60
	P02	B40	B41		B42
LAeq,tp (dB)	60,57	54,71	58,22	LAeq,rp (dB)	60,55
Kr	0,0247	0,0963	0,0427		
ΔL	22,46	16,59	20,10		
Lkeq (dB)	60,55	54,61	58,17		
LA90 (dB)	65,29	54,30	60,28	LA90 (dB)	65,35
LA10 (dB)	38,20	38,60	37,60	LA10 (dB)	34,30
LAmx (dB)	75,10	72,30	75,30	LAmx (dB)	77,00
LAmin (dB)	34,80	35,60	33,70	LAmin (dB)	29,40
	P01				B44
LAeq,tp (dB)	67,20			LAeq,rp (dB)	48,51
Kr	0,0591				
ΔL	18,69				
Lkeq (dB)	67,14				
LA90 (dB)	64,92			LA90 (dB)	52,06
LA10 (dB)	38,40			LA10 (dB)	36,18
LAmx (dB)	90,90			LAmx (dB)	61,70
LAmin (dB)	32,80			LAmin (dB)	32,80

	P01				B47
LAeq,tp (dB)	64,08			LAeq,rp (dB)	42,70
Kr	0,0317				
ΔL	21,38				
Lkeq (dB)	64,05				
LA90 (dB)	66,55			LA90 (dB)	45,18
LA10 (dB)	38,80			LA10 (dB)	35,60
LAmx (dB)	79,60			LAmx (dB)	55,10
LAmin (dB)	36,60			LAmin (dB)	33,00

Anexo 3

Especies de aves vistas en el área de estudio.

Nombre Común	Nombre Científico	N° de aves	
Águila Pechinegra	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	7	1,69%
Alinaranja Lomirroja	<i>Cnemarchus erythropygius</i>	6	1,45%
Alizafiro grande	<i>Pterophanes cyanopterus</i>	2	0,48%
Avefría andina o Gli Gli	<i>Vanellus resplendens</i>	1	0,24%
Bisbita del Páramo	<i>Anthus bogotensis</i>	4	0,97%
Búho Coronado Americano	<i>Bubo virginianus</i>	1	0,24%
Cachudito Ágil	<i>Uromyias agilis</i>	9	2,17%
Candelita de Anteojos	<i>Myioborus melanocephalus</i>	7	1,69%
Caracara Curique	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	10	2,42%
Cerceta Andina	<i>Anas andium</i>	4	0,97%
Cernícalo Americano o Quilillico	<i>Falco sparverius</i>	2	0,48%
Cinclodes Alifranjeado	<i>Cinclodes fuscus</i>	34	8,21%
Cinclodes Piquigruoso	<i>Cinclodes excelsior</i>	3	0,72%
Colacintillo Colinegro	<i>Lesbia victoriae</i>	3	0,72%
Colaespina Cejiblanca	<i>Hellmayrea gularis</i>	5	1,21%
Colibrí Gigante	<i>Patagona gigas</i>	3	0,72%
Colicardo Murino	<i>Schizoeaca griseomurina</i>	1	0,24%
Dormilona del Páramo	<i>Muscisaxicola alpina</i>	20	4,83%
Elenia Crestiblanca	<i>Elaenia albiceps</i>	1	0,24%
Focha o Gallareta Andina	<i>Fulica ardesiaca</i>	5	1,21%
Frigilo Plomizo	<i>Phrygilus unicolor</i>	10	2,42%
Gavilán Variable	<i>Buteo polyosoma</i>	8	1,93%
Gaviota Andina	<i>Larus serranus</i>	1	0,24%
Golondrina Ventricafé	<i>Notiochelidon murina</i>	6	1,45%
Gralaria Leonada	<i>Grallaria quitensis</i>	28	6,76%
Halcón Aplomado	<i>Falco femoralis</i>	3	0,72%
Hemispingo Cabecinegro	<i>Hemispingus verticalis</i>	2	0,48%
Inca Collarejo	<i>Coeligena torquata</i>	1	0,24%
Jilguero Encapuchado	<i>Carduelis magellanica</i>	6	1,45%
Metalura Gorjivioleta	<i>Metallura baroni</i>	13	3,14%



Nombre Común	Nombre Científico	N° de aves	
Metalura Verde	<i>Metallura williami</i>	2	0,48%
Mirlo de agua Gorriblanco	<i>Cinclus leucocephalus</i>	34	8,21%
Mirlo Grande	<i>Turdus fuscater</i>	27	6,52%
Mirlo Negribriloso	<i>Turdus serranus</i>	17	4,11%
Pato Rojizo Andino	<i>Oxyura ferruginea</i>	9	2,17%
Pava Andina	<i>Penelope montagnii</i>	2	0,48%
Picocono Dorsiazul	<i>Conirostrum sitticolor</i>	1	0,24%
Picoespina Dorciazul	<i>Chalcostigma stanleyi</i>	11	2,66%
Picogrueso Amarillo Sureño o Chugo	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	1	0,24%
Pinchaflor Enmascarado	<i>Diglossopsis cyanea</i>	2	0,48%
Pinchaflor Flanquiblanco	<i>Diglossa albilatera</i>	3	0,72%
Pinchaflor Negro	<i>Diglossa humeralis</i>	13	3,14%
Pitajo Coronado	<i>Ochthoeca frontalis</i>	2	0,48%
Pitajo Dorsipardo	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	5	1,21%
Playero de Baird	<i>Calidris bairdii</i>	1	0,24%
Rayito brillante	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	8	1,93%
Sabanero Ruficollajero	<i>Zonotrichia capensis</i>	34	8,21%
Soterrey Sabanero	<i>Cistothorus platensis</i>	8	1,93%
Subepalo Perlado	<i>Margarornis squamiger</i>	1	0,24%
Tangara Azulinegra	<i>Tangara vassorii</i>	4	0,97%
Taparabo Unicolor	<i>Scytalopus unicolor</i>	10	2,42%
Tiranillo Barbiblanco	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	6	1,45%
Xenodacnis	<i>Xenodacnis parina</i>	7	1,69%

Anexo 4

Matriz resumen de datos tomados en el área de estudio con respecto al método Listas Fijas.

N° Muestra	Distancia	Lado de la vía	H	PS1	PS2	Rp	Método Listas Fijas		
							S	D	A
P07	Vía		3802	0,8559	0,9377	66,73	8	1,7902	21
B02	50 m	Izquierdo	3774	0,2447	0,2410	46,86	11	2,2696	32
B03	150 m		3792	0,5915	0,5667	45,16	6	1,5811	9
B04	250 m		3834	0,2943	0,3082	42,51	2	0,6365	3
B05	50 m	Derecho	3829	0,4272	0,4783	55,16	4	1,3108	9
B06	150 m		3870	0,4177	0,4214	41,11	2	0,6931	2
P06	Vía		3947	0,6317	0,5967	66,45	6	1,5708	10
B09	50 m	Izquierdo	3948	0,3593	0,5360	48,25	4	1,3322	5
B10	150 m		3956	0,6040	0,5295	44,34	3	1,0549	5
B11	250 m		3960	0,3272	0,3345	41,04	5	1,5230	9
B12	50 m	Derecho	3941	0,5521	0,6091	57,98	7	1,8095	14
B13	150 m		3922	0,4762	0,4703	48,10	7	1,8637	12
B14	250 m		3939	0,4572	0,4112	39,93	2	0,5623	4



N° Muestra	Distancia	Lado de la vía	H	PS1	PS2	Rp	Método Listas Fijas		
							S	D	A
P05	Vía		4162	0,4871	0,2614	60,88	4	1,1169	6
B16	50 m	Izquierdo	4177	0,2965	0,1870	46,75	2	0,6730	5
B17	150 m		4221	0,7069	0,3586	46,52	2	0,5623	4
B19	50 m	Derecho	4146	0,6551	0,3498	44,65	5	1,5607	6
B20	150 m		4141	0,5149	0,4017	46,41	2	0,6931	2
B21	250 m		4108	0,5046	0,1198	40,91	2	0,6365	3
P04	Vía		4078	0,5244	0,6040	65,73	5	1,5553	7
B23	50 m	Izquierdo	4138	0,0431	0,5601	51,39	5	1,5607	6
B26	50 m		Derecho	4086	0,0292	0,4528	50,61	5	1,5498
B27	150 m	4058		0,0088	0,2242	44,41	7	1,8344	10
B28	250 m	4058		0,6931	0,7230	41,22	4	1,2425	6
P03	Vía		3862	0,3973	0,8245	65,15	6	1,5576	12
B30	50 m	Izquierdo	3853	0,0336	0,3126	38,44	6	1,6417	11
B31	150 m		3887	0,0526	0,2717	38,19	9	1,4550	33
B33	50 m	Derecho	3846	0,0168	0,5302	56,50	6	1,4735	12
B34	150 m		3827	0,0533	0,6668	53,82	4	1,3322	5
B35	250 m		3758	0,5835	0,5828	51,94	2	0,5623	4
P02	Vía		3772	0,2403	0,9720	64,95	4	1,0986	6
B37	50 m	Izquierdo	3721	0,0058	0,5039	54,71	3	0,8676	6
B38	150 m		3737	0,1840	0,2688	58,22	3	1,0397	4
B39	250 m		3757	0,1818	0,4338	60,55	10	2,1682	18
B40	50 m	Derecho	3730	0,1366	0,6135	47,96	4	1,3297	6
B41	150 m		3728	0,5346	0,9158	38,69	5	1,5596	8
B42	250 m		3746	0,1935	0,5514	38,12	5	1,5498	7
P01	Vía		3663	0,6018	0,6076	65,64	9	1,9920	16
B44	50 m	Izquierdo	3665	0,3673	0,2987	48,51	7	1,8462	11
B47	50 m		Derecho	3646	0,3162	0,5930	42,70	10	2,1378

Anexo 5

Matriz resumen de ruido en el área de estudio con respecto al método Transecto.

Puntos	Lado de la vía	Rp	Método Transecto		
			S	D	A
P07	Izquierdo	70,718	21	2,8006	40
	Derecho	62,739	9	2,1640	10
P06	Izquierdo	62,022	20	2,9252	24
	Derecho	70,876	10	2,2111	15
P05	Izquierdo	61,757	9	2,1384	13
	Derecho	60,004	5	1,6094	5
P04	Izquierdo	65,500	14	2,5209	24
	Derecho	65,967	5	1,6094	10
P03	Izquierdo	66,106	10	2,1682	18
	Derecho	64,185	14	2,5303	29
P02	Izquierdo	60,575	11	2,3035	15
	Derecho	69,324	10	2,2430	14
P01	Izquierdo	67,201	7	1,8867	10
	Derecho	64,082	11	2,1873	19

Anexo 6

Colocación de recipientes en los puntos de muestreo.





Universidad de Cuenca



Medición de ruido con el equipo Sonómetro.





Avistamiento de avifauna

Samantha Ortega, Galo Plaza



Trabajo en el Laboratorio Instrumental de Ingeniería Ambiental.





Universidad de Cuenca

